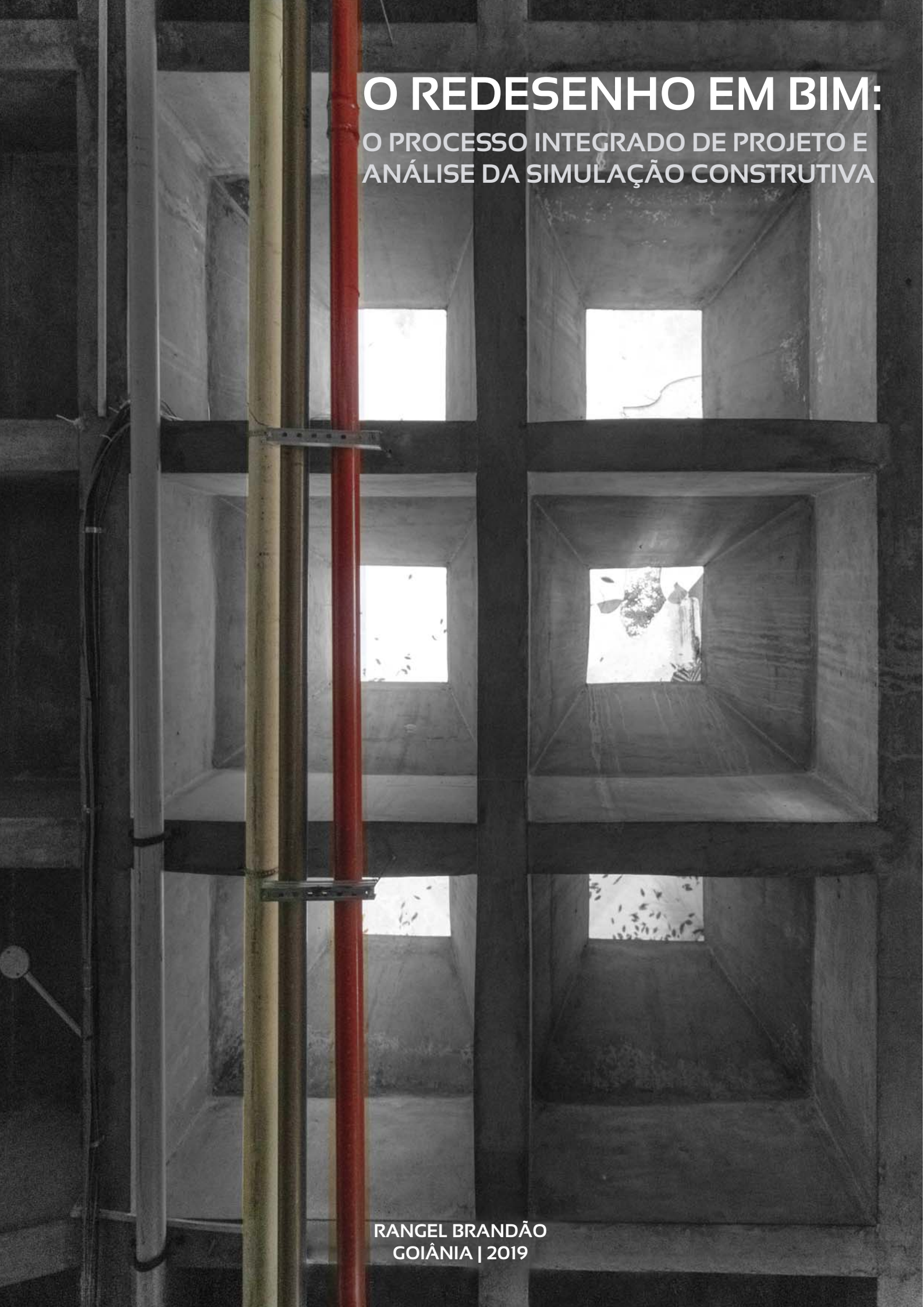




# O REDESENHO EM BIM:

O PROCESSO INTEGRADO DE PROJETO E  
ANÁLISE DA SIMULAÇÃO CONSTRUTIVA

RANGEL BRANDÃO  
GOIÂNIA | 2019



---

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**    ☒ **Dissertação**        ☐ **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação:**

Nome completo do autor: Rangel Henrique Brandão Silva

Título do trabalho: O Redesenho em BIM: O processo integrado de projeto e a análise da simulação construtiva

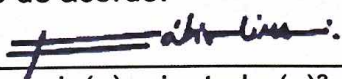
**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM**        ☐ **NÃO**<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

  
\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

  
\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 20 / 05 / 2019

---

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

FACULDADE DE ARTES VISUAIS – FAV  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO –  
PROJETO E CIDADE

**O REDESENHO EM BIM: O PROCESSO INTEGRADO DE PROJETO E  
A ANÁLISE DA SIMULAÇÃO CONSTRUTIVA**

RANGEL HENRIQUE BRANDÃO SILVA  
rhbsilva@gmail.com

Orientador: Dr. Fábio Lima  
arqfabiolima@gmail.com

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – Projeto e Cidade, FAV/UFG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, sob orientação do Prof. Dr. Fábio Lima.

Linha de pesquisa: Processos e Tecnologias de Projeto e Planejamento

Goiânia, 2019.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Silva, Rangel Henrique Brandão

O Redesenho em BIM: [manuscrito] : O processo integrado de  
projeto e a análise da simulação construtiva / Rangel Henrique  
Brandão Silva. - 2019.

149 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Ferreira de Lima.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás,  
Faculdade de Artes Visuais (FAV), Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura - Projeto e Cidade, Goiânia, 2019.

Bibliografia.

Inclui fotografias, gráfico, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Processo de projeto integrado. 2. Building information modeling  
(BIM). 3. Simulação da construção. 4. Projeto simultâneo. 5. Arquitetura. I.  
Lima, Fabio Ferreira de, orient. II. Título.

CDU 72.02

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
FACULDADE DE ARTES VISUAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETO E CIDADE

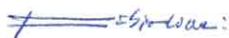
Campus Samambaia, Av. Esperança, s/nº - Campus Universitário - CEP: 74.690-900, Goiânia/GO.

Fones: (62) 3521-1413 [www.fav.ufg.br/projetoecidade](http://www.fav.ufg.br/projetoecidade)

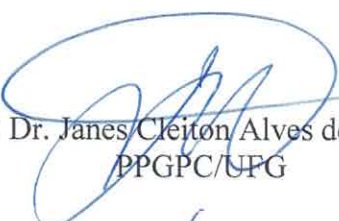
Ata nº 06/2019 da reunião da banca examinadora da defesa de dissertação de **RANGEL HENRIQUE BRANDÃO SILVA** - Aos vinte e três dias do mês de abril do ano de dois mil e dezenove (23/04/2019), às 09h30min, no auditório da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFG, Campus Colemar Natal e Silva, foi realizada a sessão pública de avaliação da dissertação intitulada "O Redesenho em BIM: o processo integrado de projeto e a análise da simulação construtiva", em nível de Mestrado, área de concentração em Projeto, Teoria, História e Crítica, linha de pesquisa em Processos e Tecnologias de Projeto e Planejamento, de autoria de RANGEL HENRIQUE BRANDÃO SILVA, discente do Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade da Universidade Federal de Goiás. A banca examinadora foi composta pelo Prof. Dr. Fábio Ferreira de Lima (PPGPC/UFG), orientador e presidente da sessão; pelo Prof. Dr. Janes Cleiton Alves de Oliveira (PPGPC/UFG) e pelo Prof. Dr. Daniel da Silva Andrade (UEG). A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Fábio Ferreira de Lima, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação que em 20 minutos procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o examinando. Terminada a arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1488/2017 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade, a dissertação foi considerada aprovada, com as seguintes observações da banca examinadora:

- no resumo, deixar de forma objetiva problematização, metodologia, resultados;
- apresentar um roteiro para a metodologia (em forma de tabela), os passos adotados;
- na conclusão, apresentar resultados.

Cumpridas as formalidades de pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação e, para constar, eu, Rafael Argôlo Coelho, secretário do Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.



Prof. Dr. Fábio Ferreira de Lima  
Presidente - PPGPC/UFG

  
Prof. Dr. Janes Cleiton Alves de Oliveira  
PPGPC/UFG

  
Prof. Dr. Daniel da Silva Andrade  
UEG

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo aprendizado ao longo das caminhadas.

Sou grato ao Professor Fábio Lima, pelas valiosas orientações e contribuições, aos Professores Janes Cleiton e Daniel Andrade pela disposição em participar da banca de defesa desta dissertação e pelas pertinentes considerações e observações no momento de qualificação e a todos os professores do Programa de Pós-Graduação Projeto e Cidade, pela colaboração e reflexões por eles incitadas em suas disciplinas.

Agradeço ao arquiteto Fernando Carlos Rabelo, pelo tempo despendido em seu primoroso relato, com riqueza de detalhes e dados que muito enriqueceram a visão crítica da pesquisa. Aos arquitetos e amigos Frederico André Rabelo, Guilherme Andrade, Mayra Almeida, Bruno Cabral, Leandro Francis, José Renato pelas conversas de muito aprendizado sobre a pesquisa e sobre a vida.

Minha gratidão a toda minha família e amigos. A meus pais Antônio e Glória, que muito fizeram e fazem por mim, aos meus irmãos, pela torcida e incondicional amor. Ao meu padrasto pelo apoio e companheirismo. À minha amada amiga, namorada e companheira Jakelyne Martins, pela paciência, auxílio, compreensão, dedicação e carinho.

## RESUMO

Embora o BIM (*Building Information Modeling*) não detenha a exclusividade da prática integrada de projeto, ele é potencializador e se estabelece como uma nova plataforma de trabalho que contribui para o processo integrado de projeto, o gerenciamento construtivo e a manutenção de um edifício. A possibilidade de existir um modelo computacional onde as informações da construção fiquem acessíveis a todos os projetistas é de grande valia, pois isso contribui para a consecução de um projeto mais fiel e compatível com a obra. Assim, é importante entender como essa plataforma de trabalho **ajuda**, **influencia** ou **contesta** partes do processo de projeção do arquiteto.

Segundo esse questionamento, o trabalho apresenta uma reflexão sobre o processo de projeto integrado tanto em meios tradicionais como em BIM. O estudo realiza também um exercício comparativo entre o edifício construído, a partir da integração tradicional, e a simulação virtual da construção, conforme a integração dos modelos BIM. Para desenvolvimento da pesquisa foi feito uma revisão da bibliografia existente sobre os conceitos BIM e o processo de projeto integrado da edificação. Realizou-se também entrevista com o arquiteto responsável pela coordenação dos projetos e elaborou-se o modelo BIM, a partir dos projetos originais de arquitetura, estrutura, hidráulica e elétrica. Como resultado é apresentado uma análise do processo de projeto integrado do escritório Espaço e uma simulação virtual da construção. As interferências e divergências encontradas no modelo foram confrontadas com as soluções originais de projeto, com relato do arquiteto responsável pela coordenação e observação *in loco* do edifício construído ainda na década de 1970. Portanto essa pesquisa favorece o aprimoramento da coordenação e gerenciamento do processo projetivo, aumentando a compreensão e entendimento do papel do arquiteto, da metodologia e do uso do BIM dentro dessa “nova” cultura de integração entre os projetistas.

**PALAVRA-CHAVE:** Processo de Projeto Integrado, Building Information Modeling (BIM), Simulação da Construção, Projeto Simultâneo, Arquitetura.

## **ABSTRACT**

Although BIM (Building Information Model) isn't an exclusivity in project integrated practice, it's a potentiator and stands like a new work platform that subscribes for project integrated process, constructive management and a building maintenance. The possibility of existing a computer model where all the building informations are available to all the designers is worth it, because it contributes to a most faithful and compatible project and construction. Therefore, it's important how this work platform **helps, influences** or **contests** parts of the architect's project process.

According to this question, this research presents a reflection about the project integrated process in a traditional way or in BIM. It also performs a comparative exercise between the building, from traditional integration and virtual construction simulation, according to BIM model integration. For this research's development, it was done a referential review about the BIM concepts and the building project integrated process. It was also done an interview with the coordination projects responsible architect, then it was developed a BIM model, based on the original architectural, structural, hydraulic and electrical projects. As a result, it was presented a project integrated process analysis of Espaço architecture office and a virtual construction simulation. The interferences and divergencies found in the model were confronted with the original project solutions, with the coordination responsible architect report, and with *in loco* building observation, built in the 1970s. Therefore, this research supports the platform use improvement in coordination and project process management, increasing the comprehension of the architect's role, the method and the BIM use on this "new" culture of project integration.

**KEYWORDS:** Project Integrated Process, Building Information Modeling (BIM), Constructive Simulation, Simultaneous Project, Architecture.

## Lista de Figuras

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 0-1 Esquema metodológico .....                                                                                  | 18 |
| Figura 1.1-1 Museu Guggenheim de Bilbao / Gehry Partners – Ano 1991 .....                                              | 26 |
| Figura 1.1-2 Emory University Center for the Arts / Eisenman Architects - Ano 1991.....                                | 26 |
| Figura 2.1-1 Esquema de funcionamento dos parâmetros da família: parede .....                                          | 43 |
| Figura 2.1-2 Interoperabilidade, troca de informações alimentando o modelo durante o ciclo de vida da construção. .... | 44 |
| Figura 2.2-1 Modelo Físico, Sagrada Família / Antoni Gaudí- Ano 1883 .....                                             | 46 |
| Figura 2.2-2 Modelo BIM, Estação Antártica Comandante Ferraz - Ano 2013.....                                           | 47 |
| Figura 2.2-3 Estágios de modelagem BIM .....                                                                           | 49 |
| Figura 2.3-1 Imagem ilustrativa do processo de laser scanning .....                                                    | 54 |
| Figura 2.3-2 Sistema OPUS .....                                                                                        | 56 |
| Figura 3.1-1 Fluxograma para Projeto de Edificação.....                                                                | 59 |
| Figura 3.1-2 Arranjo tradicional de equipe de projeto .....                                                            | 60 |
| Figura 3.1-3 Fluxograma do Projeto de Edificação .....                                                                 | 63 |
| Figura 3.1-4 Os quartos agentes participantes de um empreendimento .....                                               | 64 |
| Figura 3.2-1 Engenharia Sequencial X Engenharia Simultânea.....                                                        | 67 |
| Figura 3.2-2 Equipe multidisciplinar de projeto .....                                                                  | 68 |
| Figura 3.2-3 Coordenação de projeto. ....                                                                              | 69 |
| Figura 3.2-4 Modelo genérico para organização do processo de projeto de forma integrada e simultânea .....             | 71 |
| Figura 3.3-1 Identificação das diferentes fases de maturidade do desenvolvimento de projetos .....                     | 73 |
| Figura 3.3-2 Modelo de projeto integrado BIM.....                                                                      | 74 |
| Figura 3.3-3 Bim e ciclo de vida do edifício.....                                                                      | 74 |
| Figura 3.3-4 Processo de projeto tradicional e BIM .....                                                               | 76 |
| Figura 3.3-5 Estrutura conceitual do Processo BIM.....                                                                 | 77 |
| Figura 3.3-6 Organização do fluxo de trabalho do processo BIM.....                                                     | 79 |
| Figura 3.3-7 Fluxo do processo BIM com etapas de elaboração do modelo.....                                             | 80 |
| Figura 3.3-8 Modelo de coordenação de projeto .....                                                                    | 84 |
| Figura 3.3-9 Dimensões BIM.....                                                                                        | 87 |
| Figura 3.3-10 Processo da construção digital em BIM .....                                                              | 88 |
| Figura 4.2-1 Situação do edifício IBDF atual IBAMA na cidade de Goiânia-GO .....                                       | 94 |
| Figura 4.2-2 Fachada Sudoeste.....                                                                                     | 96 |
| Figura 4.2-3 Plantas dos pavimentos do edifício .....                                                                  | 98 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.2-4 Fachada Atual do IBAMA.....                                                     | 99  |
| Figura 4.2-5 Simulação da fachada original do IBDF .....                                     | 99  |
| Figura 4.2-6 Esquema de implantação do partido .....                                         | 100 |
| Figura 4.2-7 Esquema em planta de implantação do edifício .....                              | 100 |
| Figura 4.2-8 Corte Esquemático e Planta Perspectivada .....                                  | 102 |
| Figura 4.2-9 Esquema estrutural em planta.....                                               | 103 |
| Figura 4.2-10 Esquema estrutural BIM .....                                                   | 103 |
| Figura 4.2-11 Esquema em planta da prumada Hidrossanitária e Elétrica .....                  | 104 |
| Figura 4.2-12 Esquema em 3D da prumada Hidrossanitária e Elétrica.....                       | 104 |
| Figura 4.2-13 Armação e luminária, Prancha C7/25.....                                        | 105 |
| Figura 4.2-14 Energização das luminárias, Prancha E7/8.....                                  | 105 |
| Figura 4.2-15 Guarda-corpo, Fotografia <i>In loco</i> .....                                  | 105 |
| Figura 4.2-16 Luminária em guarda corpo .....                                                | 105 |
| Figura 4.2-17 Projeto elétrico – Pavimento Térreo, Prancha E4/8 .....                        | 106 |
| Figura 4.2-18 Projeto Hidrossanitário – Pavimento Térreo, Prancha H2/5.....                  | 107 |
| Figura 4.2-19 Processo de Projeto IBDF .....                                                 | 109 |
| Figura 4.2-20 Processo de projeto do escritório durante o concurso .....                     | 110 |
| Figura 4.2-21 Processo de projeto integrado do escritório .....                              | 112 |
| Figura 4.2-22 Projeto Estrutural Mísula.....                                                 | 114 |
| Figura 4.2-23 Detalhe da drenagem – Ralo abacaxi .....                                       | 115 |
| Figura 4.2-24 Detalhe estrutural das Gárgulas Prancha E25A/25.....                           | 116 |
| Figura 4.2-25 Detalhes do projeto elétrico, Prancha E3/8 .....                               | 117 |
| Figura 4.2-26 Ponto de iluminação intercalados na laje, "Tabuleiro de Xadrez". .....         | 117 |
| Figura 4.2-27 Fiscalização da obra pelo escritório .....                                     | 119 |
| Figura 4.2-28 Detalhe da laje conforme projeto.....                                          | 121 |
| Figura 4.2-29 Esquema sugerido pelo Eng. Elmar .....                                         | 121 |
| Figura 4.2-30 Marcação dos dois meios caixotes, formas, entre as nervuras.....               | 121 |
| Figura 4.3-1 Modelo de Arquitetura BIM .....                                                 | 124 |
| Figura 4.3-2 Modelo Estrutura BIM .....                                                      | 124 |
| Figura 4.3-3 Modelo de Instalações Elétrica BIM .....                                        | 125 |
| Figura 4.3-4 Modelo de Instalação Hidrossanitária BIM .....                                  | 126 |
| Figura 4.3-5 Comando de verificação de interferência entre duas categorias de sistemas ..... | 127 |
| Figura 4.3-6 Interferência Caixa de passagem x Pilar em "Cruz" .....                         | 130 |
| Figura 4.3-7 Detalhe, Caixa no pilar em "Cruz".....                                          | 130 |
| Figura 4.3-8 Registro in loco do pilar com as instalações.....                               | 130 |
| Figura 4.3-9 Interferência Caixa de passagem x Guarda corpo em concreto .....                | 131 |
| Figura 4.3-10 Caixa de passagem em viga.....                                                 | 131 |
| Figura 4.3-11 Caixa de passagem em viga guarda corpo .....                                   | 131 |
| Figura 4.3-12 Conduíte em sobreposição com a laje .....                                      | 132 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.3-13 Shaft Elétrico.....                                                               | 132 |
| Figura 4.3-14 Marcação de eletroduto .....                                                      | 132 |
| Figura 4.3-15 Tubulação concretada na laje.....                                                 | 132 |
| Figura 4.3-16 Interferência Fundação x Tubulação de água fria .....                             | 133 |
| Figura 4.3-17 Interferência Fundação x posso de visita .....                                    | 133 |
| Figura 4.3-18 Pilar intersecciona o reservatório interior .....                                 | 134 |
| Figura 4.3-19 Viga interseccionando o reservatório inferior .....                               | 134 |
| Figura 4.3-20 Tubulação de água fria intersecciona o Pilar.....                                 | 135 |
| Figura 4.3-21 Cabine de alta tensão com abertura conforme executada no local, prancha E2/8..... | 135 |
| Figura 4.3-22 Registro fotográfico do local .....                                               | 135 |
| Figura 4.3-23 Tubulação de água fria intersecciona a nervura da laje .....                      | 136 |
| Figura 4.3-24 Execução com furo na nervura para passagem de tubulação .....                     | 136 |
| Figura 4.3-25 Execução com furo na nervura para passagem de tubulação 2 .....                   | 136 |
| Figura 4.3-26 Janela adentrando a mísula e o pilar.....                                         | 137 |
| Figura 4.3-27 Execução esquadria com a mísula.....                                              | 137 |
| Figura 4.3-28 Detalhe Esquadria/Mísula/Pilar – Prancha D17/20 .....                             | 137 |

## Lista de Tabelas

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 Roteiro Metodológico .....                                                         | 19  |
| Tabela 2 Evolução CAD em Arquitetura .....                                                  | 32  |
| Tabela 3 Terminologias CAD .....                                                            | 33  |
| Tabela 4 Evolução das ferramentas CAD .....                                                 | 34  |
| Tabela 5 Termos relacionados à modelagem BIM. ....                                          | 37  |
| Tabela 6 Percepção sobre o BIM, .....                                                       | 38  |
| Tabela 7 O que caracteriza ou não BIM.....                                                  | 41  |
| Tabela 8 Estágios de maturidade BIM .....                                                   | 50  |
| Tabela 9 Níveis de Desenvolvimento – Especificação e Usos do BIM.....                       | 52  |
| Tabela 10 Entendimento dos termos, Processo e Projeto.....                                  | 58  |
| Tabela 11 As seis fases do processo de projeto .....                                        | 61  |
| Tabela 12 Fases do Processo de Projeto da Edificação .....                                  | 62  |
| Tabela 13 Características, Princípios e Benefícios da Engenharia Simultânea. ....           | 66  |
| Tabela 14 Fases do Processo de Projeto da Edificação dentro do processo BIM .....           | 75  |
| Tabela 15 Fases do processo de projeto e o Fluxo BIM.....                                   | 81  |
| Tabela 16 Dimensões BIM .....                                                               | 87  |
| Tabela 17 Tipos de interferências .....                                                     | 90  |
| Tabela 18 Disciplinas confrontadas a partir do comando de verificação de interferência..... | 127 |
| Tabela 19 Relatório de interferência .....                                                  | 128 |
| Tabela 20 Quadro síntese de verificação de interferências.....                              | 129 |

## SUMÁRIO

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| INTRODUÇÃO .....                                                         | 13  |
| Objetivos .....                                                          | 17  |
| Objetivos Específicos .....                                              | 17  |
| Metodologia .....                                                        | 17  |
| Escolha do projeto estudado .....                                        | 20  |
| Estrutura do trabalho .....                                              | 21  |
| 1. O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA DE PROJETO .....                         | 23  |
| 1.1 PANORAMA .....                                                       | 23  |
| 1.2 SÍNTESE CAD .....                                                    | 33  |
| 2. A MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO – BIM .....                   | 36  |
| 2.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS .....                                         | 36  |
| 2.2 O MODELO BIM .....                                                   | 46  |
| a) ESTÁGIOS DE MODELAGEM BIM .....                                       | 48  |
| b) NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DO MODELO (LOD – LEVEL OF DEVELOPMENT) ..... | 51  |
| 2.3 O CENÁRIO ATUAL E POTENCIAL DO BIM .....                             | 53  |
| 3. PROCESSO DE PROJETO DA EDIFICAÇÃO .....                               | 57  |
| 3.1 PANORAMA .....                                                       | 57  |
| 3.2 PROCESSO INTEGRADO DE PROJETO DA EDIFICAÇÃO .....                    | 65  |
| 3.3 PROCESSO DE PROJETO BIM .....                                        | 72  |
| a) COORDENAÇÃO TÉCNICA – BIM MANAGER .....                               | 78  |
| b) INTEGRAÇÃO EM BIM – MODELO FEDERADO .....                             | 83  |
| c) DIMENSÕES BIM – SIMULAÇÃO DA CONSTRUÇÃO .....                         | 86  |
| 4. ESTUDO DE CASO .....                                                  | 92  |
| 4.1 PANORAMA .....                                                       | 92  |
| 4.2 O ESCRITÓRIO E O EDIFÍCIO .....                                      | 94  |
| 4.3 SIMULAÇÃO DIGITAL DA CONSTRUÇÃO – BIM E O EXISTENTE .....            | 123 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                            | 139 |
| 6. BIBLIOGRAFIA .....                                                    | 144 |

## INTRODUÇÃO

Se a Revolução Industrial alterou a arquitetura mudando os processos de fabricação e construção do edifício, a nova revolução dos sistemas de informação levava consigo também uma mudança radical no processo de elaboração do projeto.<sup>1</sup> (COSME, 2008, p. 57, tradução nossa).

Acostumado a trabalhar de forma manual, o arquiteto projetista agora se depara com uma nova ferramenta de projeto. Lima (2015), explica que foi no ano de 1959 que surgiu o primeiro software CAD (*Computer Aided Design*) e, mesmo com poucas funções, já possibilitava aos diversos projetistas um novo universo, o *digital*. Desde então o computador e o sistema CAD se encontram em constante evolução e cada vez mais se consolidam como um eficiente instrumento de trabalho nessa “*Era Digital*” que, segundo Cosme (2008), oportuniza ao arquiteto uma nova investigação projetual, que antes não seria possível.

Apesar de atualmente o computador fazer parte do processo criativo de alguns arquitetos, como Frank Gehry e outros, Menegotto (2000) explica que nos primeiros anos de implantação do sistema CAD, principalmente no Brasil, nem todos se adaptaram e poucos se aventuraram ao uso das ferramentas computacionais. Logo, a transição do trabalho manual para o digital foi um processo lento e gradativo, uma vez que o computador e sua interface não eram nada amigáveis, gerando insegurança e consequentemente demora no domínio da nova ferramenta.

A evolução tecnológica consolidou o instrumento digital e ampliou o potencial projetivo e criativo, mas não substituiu o processo tradicional de representação. O arquiteto continua refletindo, comprovando o pensamento de projeto tanto em desenhos e modelos manuais como em formatos virtuais. Assim, é importante salientar que essa pesquisa busca entender as possibilidades que as ferramentas digitais agregaram ao processo de projeto e não discutir a linguagem arquitetônica gerada a partir de então.

Dessa forma, Cosme (2008) explica que as mudanças tecnológicas digitais geraram uma grande revolução no âmbito da cultura de projeto nas décadas de 1980 e 1990, e tais ferramentas modificaram profundamente os métodos de

---

<sup>1</sup> “Se la Revolución Industrial altero la arquitectura cambiando los procesos de fabricación y construcción del edificio, la nueva revolución de los sistemas de información llevaba consigo también un radical cambio en el proceso de elaboración del proyecto.”

desenho, introduzindo novas e mais eficazes maneiras de pensar e experimentar o idealizado. Lima (2015) complementa que o computador elevou o potencial criativo, através de parâmetros e comandos que facilitaram a representação e favoreceu ao arquiteto visualizar de forma mais dinâmica as minúcias do desenho e do projeto.

Mesmo dentro dessa grande revolução no âmbito digital, Arantes (2012) pondera que os projetos continuam seguindo o processo renascentista de representação ortogonal, da mesma maneira como na prancheta. Portanto, as mudanças na elaboração dos desenhos de plantas, vistas e cortes do edifício, estão mais ligadas à facilidade e rapidez em representar uma ideia, do que na forma de rebater os sólidos sobre um determinado plano.

Os desenhos ainda são feitos um a um, como na prancheta convencional. Os padrões gráficos também são os convencionais, mas agora inseridos de forma digital e com enorme precisão. Os instrumentos são os mesmos, mas todos virtuais [...] Eles podem ser utilizados com certa facilidade, permitindo experimentar opções como corta e cola, estica, inverte, sobrepõe, copia, pinta, apaga, desfaz, multiplica, imprime, redesenha por cima, incorpora imagens externas, textos, quantificações e dimensionamentos (lineares, áreas e volumetrias), parâmetros, cálculos etc. (ARANTES, 2012 p. 139)

Arantes (2012) explica que a geometria de desenho continua euclidiana, mas agora a sua elaboração se dá através de comandos computacionais, com atalhos de teclado e *mouse*, dispensando algumas ferramentas tradicionais do arquiteto, como escalímetro, esquadro e compasso. Assim, a computação gráfica passou a auxiliar o arquiteto a detectar problemas e propor soluções mais assertivas a cada novo projeto.

A evolução dos sistemas CAD proporcionou uma melhoria e rapidez na representação e validação de uma ideia, onde, além de assessorar o projetista na elaboração do desenho e projeto, essas ferramentas computacionais criaram um espaço virtual<sup>2</sup> que possibilitou modelar e simular as etapas de uma construção. Esse novo espaço pode ser considerado um meio para se testar as ideias pretendidas, provendo um campo de possibilidades, viabilizando processos, e é onde o arquiteto pode observar com critérios muito específicos às conjecturas

---

<sup>2</sup> Virtual vem do latim *virtualis*, de *virtus*, definindo-se como força ou potência: aquilo que não é físico, está no plano conceitual. Em sentido *stricto* o virtual é aquilo que existe em potência e não em ato. (LÉVY, 1996).

desenvolvidas. Desse modo, o espaço virtual, assim como a maquete física ou modelo físico, também pode ser considerado um meio decisivo para que novos processos criativos e de soluções espaciais ocorram.

Sob esse ponto de vista, pode-se entender que o projetista, auxiliado pelo computador, teve sua concepção modificada pelas tecnologias que exigem cada vez mais especialistas não somente em projeto, mas também no manuseio das ferramentas e informações digitais. Portanto, atualmente o arquiteto não se preocupa somente com a arquitetura, mas sim com diversas informações que surgem dentro do processo, tornando-o um gestor com características além das triviais.

[...] o profissional contemporâneo precisa ser, antes de tudo, um excelente comunicador e coordenador, capaz de lidar com desenvoltura com a infinidade de equipamentos e aplicativos de comunicação digital de que dispomos atualmente e, ao mesmo tempo, capaz de coordenar o fluxo de toda essa informação que, muitas vezes, acontece de forma assíncrona e à distância. (NARDELLI, 2007, p. 34)

Tendo como referência esse profissional multitarefas, percebe-se que as novas ferramentas computacionais resultam de pesquisas com o objetivo de favorecer o processo de projeto onde o arquiteto/engenheiro trabalhe de forma mais precisa e dentro de um padrão de qualidade. Assim foi com a tecnologia BIM, a qual segundo Eastman, et. al. (2014) surgiu da evolução do sistema CAD (*Computer Aided Design*), que somente produzia desenhos vetoriais plotados, com tipos de linhas associadas e identificadas em camadas.

Para Eastman, et. al. (2014), o BIM pode ser entendido como um processo virtual de construção onde os projetistas trabalham de forma integrada em uma plataforma 3D, gerando um modelo<sup>3</sup> acompanhado por um conjunto de informações. Esses dados podem a qualquer momento serem acessados, e assim, possibilitam comunicar e analisar as construções pretendidas. Em resumo, essa ferramenta se caracteriza pela união de três etapas do atual processo de projeto, representação, compatibilização e gerenciamento, pois permite reproduzir virtualmente o edifício,

---

<sup>3</sup> Modelo, “[...] tem como objetivo ser uma base de dados sólida, em cima da qual são modeladas (geradas) informações para alimentar a equipe colaborativa.” (Campestrini et. al., 2015, p. 28)

além de incorporar elementos de planejamento e controle para sua gestão. Nessa conjuntura o discurso de Menegotto adquire maior validade, onde um “modelo digital tridimensional vale mais que mil imagens”. (2000, p.124)

Sob essa perspectiva, esta pesquisa dará maior ênfase na coordenação dos projetos, trazendo uma abordagem a respeito do tradicional processo de projeto integrado e o potencial do BIM, que segundo Andrade, et. al. (2011), exige uma mudança na atual cultura de projeto, onde as contribuições dos profissionais envolvidos são posteriores a concepção da arquitetura. Essa nova plataforma de trabalho, possibilita já nas etapas iniciais um maior envolvimento e união dos projetistas na produção de um modelo de informação da construção. Tal metodologia favorece a comunicação e troca de experiências, além de um bom exercício de processo integrado.

Para fins de aperfeiçoamento e conhecimento, o processo de projeto integrado e o BIM se caracterizam como objeto de estudo da pesquisa, reconhecendo a importância da coordenação dos projetos e entendendo melhor o papel do arquiteto. Mas, por se tratar de uma pesquisa crítica e analítica, será adotado o mesmo entendimento de Treldal (2008), onde “embora o BIM não seja condição para uma prática integrada, ele é potencializador, podendo melhorar significativamente sua eficiência.” (Treldal, apud ANDRADE, et. al. 2011, p. 436).

Apesar de a tecnologia ser estudada desde 1975 por Eastman, percebe-se ainda poucas produções bibliográficas nacionais que adaptam o BIM à realidade de projeto do arquiteto. Assim, entender essa tecnologia, bem como o funcionamento do processo integrado, é de fundamental importância para que as ferramentas computacionais possam ser melhor manipuladas pelos escritórios de arquitetura do Brasil.

De modo geral, essa pesquisa tem por entendimento que o arquiteto assume um papel importante dentro do processo integrado de projeto, o qual a partir do incremento da tecnologia BIM adquire novas possibilidades. Assim cabe questionar, como o BIM pode **ajudar, influenciar ou contestar** partes do atual método integrado de projeção do arquiteto?

Segundo Andrade, et. al. (2011), o uso do BIM favorece a elaboração de um modelo virtual integrado e com todas as informações construtivas, refletindo em uma

melhor compreensão e execução da obra. Portanto, o BIM pode **ajudar** nas trocas de experiências entre os profissionais envolvidos já na etapa de concepção do edifício, pode **influenciar** ou não o arquiteto ao uso recorrente de soluções prontas, existentes dentro da ferramenta, tornando-o mais especialista na modelagem da construção do que na concepção ou criação da arquitetura e pode **contestar** partes do processo de projeto uma vez que um dos intuitos da ferramenta é favorecer a gestão e produção do edifício, logo, o arquiteto projetista precisa gerir o projeto até a construção.

Assim, a tecnologia BIM pode revigorar a prática integrada do profissional de arquitetura, que em sua origem não apenas concebia o edifício, como acompanhava todas as etapas de sua execução. Nesse contexto, a vivência e a presença do arquiteto em obra segundo Gregotti (2013) permite perceber a edificação sob outra ótica, o que favorece a melhores soluções de projeto e elaboração de ricos detalhes construtivos.

### **Objetivos**

De modo geral essa pesquisa busca analisar o processo de projeto integrado e a partir da tecnologia BIM entender a necessária adaptação dos arquitetos nas práticas de projeção.

### **Objetivos Específicos**

Especificamente busca-se formular um referencial teórico-prático sobre o processo de projeto em BIM, entender as diferenças projetuais entre o uso do BIM e os métodos tradicionais, investigando como acontece a integração de projeto sob esses diferentes âmbitos. Também é de interesse dessa pesquisa realizar um exercício comparativo entre a construção material e a simulação construtiva, examinando *in loco* o resultado do processo tradicional de projeto e as soluções adotadas.

### **Metodologia**

Esta pesquisa é de natureza aplicada gerando conhecimento para o uso e desenvolvimento da integração em BIM. Possui uma abordagem qualitativa devido à interpretação do método de projeto integrado e a atribuição de significados relativos à tecnologia, sendo o processo e seu significado os focos principais. Assim, a

pesquisa tem caráter exploratório, partindo de uma revisão bibliográfica até chegar a um estudo de caso onde é possível identificar a teoria e prática do projeto integrado, agora redesenhado em BIM.

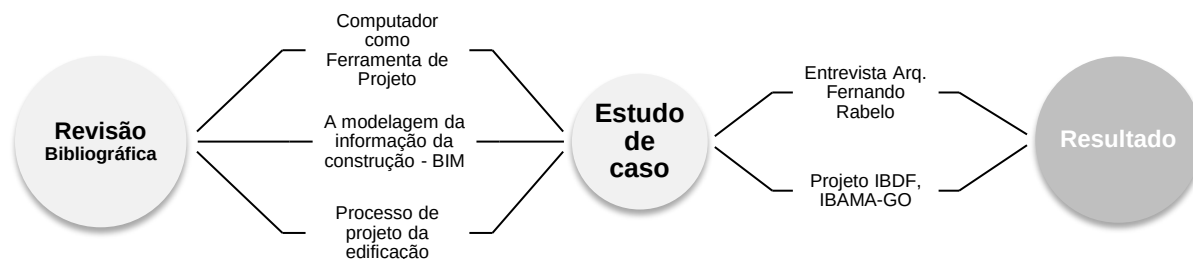


**Figura 0-1 Esquema metodológico**  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Como procedimentos técnicos para elaboração da pesquisa, realizou-se uma revisão do referencial teórico sobre a tecnologia BIM e sobre o processo de projeto integrado. Elencou-se como estudo de caso um projeto coordenado e compatibilizado por um escritório de arquitetura ainda na tradicional prancheta. Por meio de entrevistas com o arquiteto responsável pelo projeto foi possível conhecer e entender na prática como aconteceu a coordenação, as trocas de experiência e de informações entre os profissionais envolvidos durante a projeção e execução da obra.

Afim experimentar e entender o processo de projeto do escritório, foi realizado o redesenho do projeto dentro da plataforma BIM tendo como base os desenhos originais em 2D. Assim, o redesenho em BIM do projeto já coordenado de forma tradicional permitiu, comparar o modelo de informação da construção com a edificação existente, identificar as interferências entre as disciplinas, evidenciar soluções mais práticas que não foram adotadas durante a execução das instalações e estruturas e rebater de forma crítica as reais contribuições da tecnologia BIM dentro do processo integrado.

Vale salientar que, o método adotado não se caracteriza como um entusiasta da tecnologia e as discussões acerca do tema possuem uma visão crítica e analítica sobre a utilização da tecnologia durante a etapa de desenvolvimento dos projetos do edifício, apoiando-se na obra de Eastman, et. al. (2014) o "Manual do BIM".

| SÍNTESE |                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FASE 1  | Revisão Bibliográfica                      | Elencou as principais bibliografias existentes a respeito dos temas abordados (Computador como ferramenta de projeto, BIM e Processo de Projeto Integrado), também verificou as convergências e divergências existentes entre os autores estudados.                                                                                                                                                     |
| FASE 2  | Conselho de Ética                          | Submissão da pesquisa ao conselho de ética para ter acesso ao acervo pessoal do escritório Espaço e entrevista com o Arquiteto Fernando Rabelo.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| FASE 3  | Modelagem BIM                              | Foi realizado um levantamento e análise dos projetos existentes em arquivo físico do escritório. Somente depois foi realizada a modelagem BIM, utilizando o software Revit®. Os projetos utilizados foram o de arquitetura, estrutura e fundação, hidráulica e elétrica, foram gerados modelos independentes que viabilizou a simulação da construção e um demonstrativo da coordenação técnica em BIM. |
| FASE 4  | Protocolo de visita ao IBAMA               | Foi protocolado um requerimento para visita ao edifício junto ao órgão IBAMA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| FASE 5  | Vistoria e Levantamento Fotográfico        | Foram realizadas duas visitas <i>in loco</i> , a primeira aconteceu com a presença do arquiteto Fernando Rabelo onde se pode conversar e verificar melhor algumas soluções e decisões de projeto e de obra. A segunda aconteceu após a FASE 7.                                                                                                                                                          |
| FASE 6  | Entrevista                                 | Foi realizada duas entrevistas com o Arquiteto Fernando Rabelo. A primeira foi a respeito do processo de projeto integrado e a construção do edifício. A segunda entrevista foi a partir do projeto elaborado em 2D e em BIM, sendo comparadas as divergências e inconsistências dentro de alguns projetos.                                                                                             |
| FASE 7  | Definição de parâmetros a serem comparados | Após a modelagem da edificação em BIM e entrevistas com o arquiteto responsável pelo projeto, definiu como parâmetro de análise da pesquisa a confrontação do resultado das interferências com a edificação existente, apoiando-se nos relatos do arquiteto.<br><b>MODELO BIM x EDIFICAÇÃO EXISTENTE x RELATOS DO ARQUITETO</b>                                                                         |
| FASE 8  | Vistoria e Levantamento Fotográfico        | A segunda visita foi realizada a posteriori a verificação automática das interferências existente entre os modelos BIM de instalações, estrutura e arquitetura. Nesse momento foi possível realizar registros fotográficos para confrontar com a modelagem e interferências registrada na simulação da construção.                                                                                      |
| FASE 9  | Análise dos resultados                     | Como resultado, foram gerados dados e desenhos que agrupados em tabelas permitiu comparar a simulação virtual da construção em BIM ao edifício existente. Assim, as interferências apontadas pelo software BIM foram comparadas com o resultado final da obra e fundamentadas aos relatos do arquiteto que coordenou os projetos e fiscalizou a construtora durante a obra do edifício.                 |

**Tabela 1 Roteiro Metodológico**  
**Fonte: Desenvolvido pelo Autor**

### **Escolha do projeto estudado**

Como escolha para estudo de caso é importante optar por um projeto coordenado e compatibilizado por um escritório de arquitetura, uma vez que essa pesquisa tem como intuito estudar o processo de projeto integrado sob a perspectiva do arquiteto. Nesse caso, ao redesenhar o projeto em BIM, algumas divergências deverão ser encontradas, permitindo um estudo demonstrativo e analítico da integração de projeto tradicional agora refletido na nova tecnologia. A escolha do estudo de caso permite contribuir para um melhor entendimento e conhecimento do papel do arquiteto dentro da coordenação projetiva e da obra.

Dessa forma, optou-se em trabalhar com um escritório de arquitetura de âmbito regional que, além de ser representativo no cenário de produção arquitetônica, assume o papel da coordenação das disciplinas complementares e possui uma boa experiência desde a concepção do edifício até a construção. Assim, o estudo do processo de projeto de uma obra do escritório **Espaço Equipe de Planejamento e Arquitetura e Urbanismo**, representado pelo fundador o **Arquiteto Fernando Carlos Rabelo**, profissional engajado no âmbito acadêmico e social numa singular visão holística da arquitetura, favorece o entendimento de um método integrado que, mesmo em contextos tradicionais, pode contribuir para melhor compreender os princípios de funcionamento do processo BIM.

Com o desenvolvimento e gerência dos Arquitetos Eduardo Simões e Fernando Carlos Rabelo, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF atual Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA, configura-se como um bom estudo de caso por trazer em sua origem o processo integrado de projeto, coordenado por arquitetos e envolvendo diversos profissionais. Tal metodologia gerou um trabalho rico em detalhes e soluções projetivas desenvolvidas em conjunto. O seu processo projetivo refletiu em uma boa construção conforme relato do Arq. Fernando Rabelo, que fiscalizou a construtora durante a execução da obra. Assim, o envolvimento do escritório nesse processo ocorre desde a concepção até o acompanhamento da construção, gerando um processo de projeto adequado, se tomar por referência arquitetos como *Vittorio Gregotti (2013)* e *Marco Frascari (2013)*, onde há extrema importância o profissional ter uma experiência de projeto e uma vivência de construção, para o surgimento de boas soluções projetivas.

## **Estrutura do trabalho**

O trabalho está organizado em cinco capítulos, onde a introdução possui uma abordagem e problematização inicial sobre o tema, apresentando a justificativa e problemática, objetivos, metodologia e delimitação da pesquisa juntamente com o estudo de caso. No Primeiro capítulo se estabeleceu uma breve discussão de forma ampla e geral, a partir da bibliografia consultada sobre o sistema CAD e projeto arquitetônico com o auxílio do computador, expondo a visão de autores sobre a utilização das ferramentas digitais.

O Segundo capítulo envolve definições e conceitos sobre a tecnologia BIM. Através de pesquisas e autores buscou-se organizar em tabelas e esquemas, demonstrando os estágios e níveis da modelagem BIM existente em um modelo. Dessa forma, além de aprofundar o conhecimento no uso da tecnologia, pode-se vislumbrar um panorama do cenário atual da tecnologia e fazer uma conjectura do potencial da ferramenta.

No Terceiro capítulo buscou entender o processo de projeto e explorar as etapas no desenvolvimento da arquitetura. Nesse momento procurou-se entender o processo integrado de projeto, fazendo um paralelo entre a metodologia tradicional e a metodologia BIM, tendo como referência o manual de escopo da Asbea e outras bibliografias que discutem o uso do modelo de informação da construção como facilitador do projeto integrado. Assim a discussão desdobra-se para o uso da tecnologia BIM como potencializador da produção do edifício e identifica a importância do papel do coordenador de projeto no processo de projeção, baseado em um modelo compartilhado e integrado de projeto.

No Quarto capítulo realizou-se um breve histórico sobre o escritório Espaço e sobre o edifício IBDF, sendo esse o momento de entrevista e análises a respeito do processo integrado de projeto. Assim, a partir das pranchas de arquitetura, estrutura e fundação, instalação elétrica e hidrossanitária, disponibilizadas pelo escritório, foi gerado um modelo BIM que viabilizou a simulação da construção e um demonstrativo de coordenação técnica utilizando o software Revit®. Como resultado gerou-se dados e desenhos que, agrupados em uma tabela, permitiu rebater o referencial teórico adotado sobre a análise comparativa entre a simulação da construção em BIM e edifício existe.

As considerações finais partiram de uma análise crítica e mais embasada a respeito do uso da tecnologia BIM, não sendo apenas um entusiasta da tecnologia, mas considerando o processo de projeto integrado com um princípio básico e norteador de bons projetos de arquitetura. Portanto, buscou-se responder os anseios iniciais da pesquisa expondo a metodologia utilizada, os resultados conseguidos, o resgate de conceitos teóricos anteriormente expostos e as principais contribuições do trabalho.

## 1. O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA DE PROJETO

A aparição dos instrumentos computacionais, especialmente os programas de desenho assistido por computador, revolucionaram os métodos de desenho, introduzindo novas e mais eficazes ferramentas. Desta forma, o projeto de arquitetura se encontrou imerso numa revolução tecnológica que afetaria grandemente seus métodos e resultados.<sup>4</sup> (COSME, 2008 p. 57, tradução nossa)

### 1.1 PANORAMA

A utilização do computador como ferramenta de trabalho mais direcionada à representação gráfica em arquitetura data da década de 1960 e segundo Lima (2015), os primeiros softwares eram limitados e basicamente utilizados na concepção de desenhos bidimensionais. Em sua origem, o sistema CAD foi a digitalização da prancheta, do tradicional desenho à mão, que mesmo não sendo uma regra, vários arquitetos ainda hoje, utilizam o lápis, papel e modelos físicos (maquetes), para representar e validar ideias iniciais de projeto.

A consolidação da ferramenta digital de desenho trouxe consigo transformações mais significativas a partir de 1980. Lima (2015), explica que esse momento foi marcado pelo surgimento de hardwares com maior desempenho, uma evolução tecnológica que refletiu sobre a eficiência e agilidade do sistema CAD.

Rocha (2009) complementa ao dizer que na década de 1980 surgiram os softwares com funções simples de adição e subtração de sólidos, tal incremento viabilizou a modelagem tridimensional da arquitetura e somente a partir da década de 1990 que as ferramentas digitais popularizaram superfícies irregulares e mais complexas. A partir de então, os arquitetos puderam experimentar novas formas e gerar detalhes com maior precisão e compreensão, além de reutilizar os desenhos e modelos 3D já produzidos.

Dentro desse raciocínio, Cosme (2008), explica que os instrumentos digitais de desenho trouxeram mudanças na forma de projetar e desenvolver a arquitetura, proporcionando maior liberdade na representação das formas e novas linguagens arquitetônicas. Essas novas possibilidades trouxeram consigo reflexões a respeito

---

<sup>4</sup> La aparición de los instrumentos informáticos, especialmente los programas de diseño asistido por ordenador, revolucionaron los métodos de diseño, introduciendo nuevas y más eficaces herramientas. De esta forma, el proyecto de arquitectura se encontró inmerso en una revolución tecnológica que iba a afectar en gran medida a sus métodos y resultados.

das mudanças advindas da utilização do computador como ferramenta de trabalho e atualmente, ainda surgem diversas pesquisas com o propósito de investigar o projeto a partir da “era digital”, onde o construir se tornou algo factível dentro do espaço virtual.

A investigação de Carpo (2005) sobre o aprimoramento e uso da tecnologia computacional, mostra que as tipologias arquitetônicas mais significativas resultantes do princípio da Revolução Virtual, datam do início da década de 1990. Nesse período as ferramentas digitais de desenho inspiraram novas teorias do projeto, e assim, “[...] os arquitetos e os teóricos começaram a pensar que poderia ser desenhado e construído digitalmente algo novo e de maneira inédita”<sup>5</sup> (CARPO. 2005, p. 59, tradução nossa)

Esse olhar de possibilidades sobre a arquitetura virtual fortaleceu o uso de ferramentas computacionais e instigou a reflexão sobre a forma dos edifícios na *era digital*. Para Carpo (2005), a composição formal das obras desse período traz características mais arredondadas, sendo essa uma propriedade recorrente em diversos projetos da época. As ferramentas digitais de desenho incentivaram a utilização de geometrias pouco convencionais nos projetos (*ver figura 1-1*), e de certa forma, a arquitetura de alta tecnologia passou a ser associada ao uso do computador. Carpo (2005) exemplifica essa recorrência formal, quando salienta que, “alguns dos edifícios de alta tecnologia mais icônicos da década de 1990 são redondos, fluidos, macios, flácidos ou flexíveis; às vezes soltos ou volatilizados.”<sup>6</sup> (p. 59, tradução nossa)

No final da década de 1980 e início da década de 1990, o computador se apresentou como um importante instrumento de experimentação formal e segundo Carpo (2005) o fortalecimento dessa tecnologia coincidiu com o auge do desconstrutivismo, onde as ferramentas digitais contribuíram para o desenvolvimento desse movimento, que, tinha como característica o uso recorrente de geometrias irregulares, descontínuas e de alta expressão. Como consequência

---

<sup>5</sup> “[...] los arquitectos y los teóricos empezaron a pensar que podría diseñarse y construirse digitalmente algo nuevo de manera inédita.”

<sup>6</sup> “Algunos de los edificios de alta tecnología más icónicos de la década de 1990 son redondos, fluidos, blandos, flácidos o flexibles; a veces flojos o flatulentos.”

do pensamento arquitetônico da época, os projetos desenvolvidos no movimento desconstrutivista apresentavam desde formas curvas à angulares.

Cosme (2008) reforça esse entendimento quando explica que o uso das novas tecnologias digitais de desenho e projeto, tornou-se um forte instrumento de exploração formal, contribuindo assim para a elaboração de uma arquitetura mais geométrica. Dentro do desconstrutivismo, Cosme (2008), destaca arquitetos como Zaha Hadid, Coop Himmelblau, Daniel Libeskind, Bernard Tschumi, entre outros, que através do uso de ferramentas computacionais, trouxeram novos experimentos e novos caminhos do fazer arquitetônico (*ver figura 1-2*), “a revolução digital da arquitetura cruza em seu caminho com outra tendência, amplificando-a formidavelmente.”<sup>7</sup> (CARPO, 2005, p. 60, tradução nossa).

Mesmo sendo um catalizador do processo, entende-se que o uso do computador somente contribuiu para um melhor desenvolvimento dos projetos e não invalidou os métodos e instrumentos tradicionais. Embora não seja um fator limitante para o exercício da arquitetura, Cosme (2008) entende que o domínio das ferramentas computacionais possibilitou ao arquiteto explorar novas ideias de composição e uma melhor representação gráfica do projeto. Portanto, é possível compreender que o sistema CAD é e foi mais um instrumento para pensar e desenhar o idealizado, não tendo como objetivo substituir, mas sim, complementar as técnicas dentro do processo de projeção.

O arquiteto não deixou de desenhar, e precisava seguir construindo maquete, mas contava com um novo instrumento para refletir, comprovar e criticar o processo de pensamento do projeto de arquitetura.<sup>8</sup> (COSME, 2008, p. 58, tradução nossa)

---

<sup>7</sup> “La revolución digital de la arquitectura se cruza en el camino con esta otra tendencia, amplificándola formidablemente.”

<sup>8</sup> “El arquitecto no dejó de dibujar, y precisaba seguir construyendo maquetas, pero contaba con un nuevo instrumento para reflejar, comprobar y criticar el proceso de pensamiento del proyecto de arquitectura.”

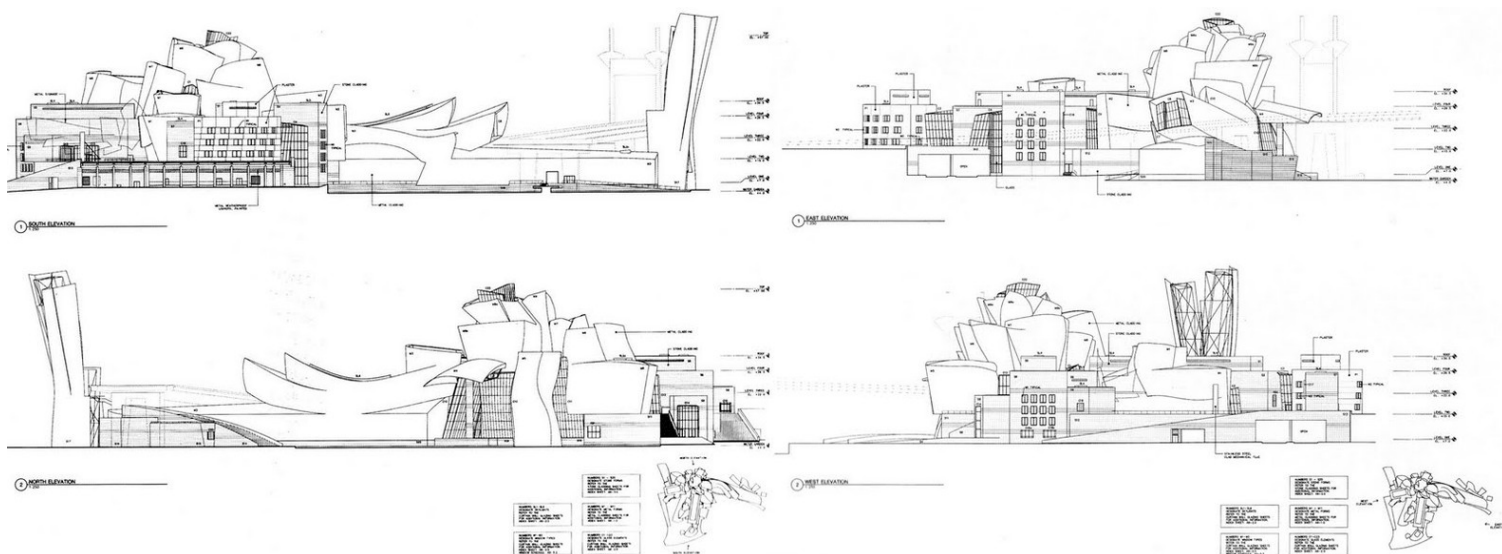


Figura 1.1-1 Museu Guggenheim de Bilbao / Gehry Partners – Ano 1991  
 Fonte: Adaptado de PAGNOTTA, site – Archdaily

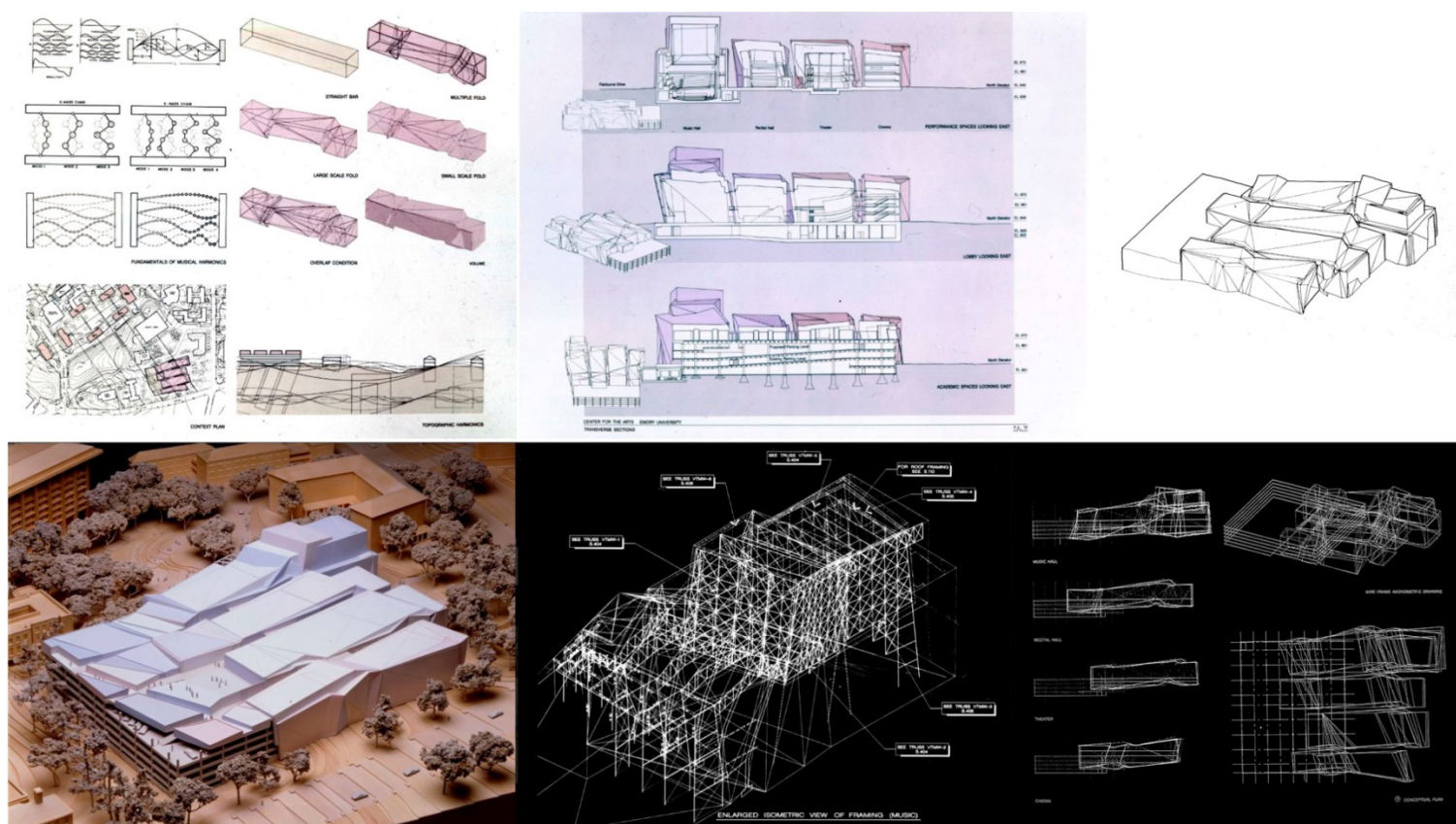


Figura 1.1-2 Emory University Center for the Arts / Eisenman Architects - Ano 1991  
 Fonte: Adaptado do site – Eisenman Architects

A reflexão teórica a respeito das linguagens arquitetônicas geradas a partir da utilização do computador não integra o objetivo dessa pesquisa, pois a intenção é entender as possibilidades que as ferramentas digitais trouxeram para o processo de projeto do arquiteto. Portanto, nesse momento o intuito é compreender o que o computador atualmente pode contribuir para o exercício de projeto, e não negar o processo tradicional, pois, como já mencionado é importante o projetista seguir fazendo maquetes, croquis e outros. Esse entendimento ganha força com o discurso de Righi et. al. (2011), que explica que a tecnologia deve aumentar a interação entre o homem e a máquina, para assim “melhorar as práticas reflexivas e resgatar os esboços manuais durante o projeto de arquitetura” (p.486)

Sob essa perspectiva é interessante ressaltar Machado (2001), que em suas reflexões, traz um olhar sobre a arte gerada a partir do uso da máquina e um questionamento a respeito do nível de conhecimento que artista deve possuir sobre a ferramenta para poder manipulá-la. A título de exemplo, o autor traz a fotografia, que resulta de uma interpretação de vários processos, mecânico, físico e químico, até chegar ao produto final bidimensional da imagem estática.

Esse entendimento, onde o produto gerado pode parecer apenas resultado automático da máquina, pode erroneamente reduzir o processo artístico ao mero ato de apontar e clicar. Se fizer uma analogia à produção arquitetônica, muitos computadores podem ser programados para conceber respostas instantâneas pela inserção de expressões capazes de restringir os fatores condicionantes de projeto. Em outras palavras, é possível projetar (preliminarmente) sem que sejam representadas graficamente as características do edifício, por meio de um conjunto de restrições, a máquina pode calcular e apresentar as respostas mais adequadas aos róis de problemas elencados, como em problemas de hierarquia, priorizando aspectos especificados pelo programador.

Machado (2001) explica que a utilização da máquina traz consigo a vulgarização dos resultados automáticos, pois surge a padronização devido ao uso recorrente dos mesmos efeitos, gerando produtos homogêneos e previsíveis. O autor pondera que existem equipamentos onde o uso e função expressam-se em algo comum, como exemplo a máquina de lavar roupa. Mas, ao se tratar de arte e criação, não se espera o mesmo resultado de alguns equipamentos ou máquinas

destinadas a interferir no imaginário “[...] cuja função básica é produzir bens simbólicos destinados à inteligência e à sensibilidade do homem.” (MACHADO, 2001, p.41)

Na arquitetura, tal como na fotografia, exige uma reflexão mais profunda durante o projetar, pois o desenho não é meramente fruto do computador, mas sim do exercício do pensar, rabiscar e observar do arquiteto. Machado (2001), explica que o artista não necessariamente deve saber fazer a máquina ou entender sobre o seu processo de funcionamento, mas, deve entendê-la como uma ferramenta tal qual o papel, onde nada tem a fazer além de utilizá-lo. O autor salienta que, se os resultados pretendidos forem condicionados pelos limites impostos pela máquina, cabe ao artista torna-se cientista, para investigar e vencer as barreiras impostas pelo funcionamento da ferramenta.

Sob essa perspectiva, tem-se uma tecnologia em constante evolução, marcada pelo surgimento de diversos e modernos softwares de desenho, instigando o arquiteto diariamente aprender e romper as novas barreiras. Righi et. al. (2011) entende que essa rápida evolução tecnológica dificulta a reflexão crítica a respeito da utilização das ferramentas computacionais, pois, os profissionais buscam se atualizar e se esquecem de debater sobre a influência tecnológica nas práticas projetivas do arquiteto.

Assim, Righi et. al. (2011), reconhece que a livre exploração formal e a possibilidade de visualização de ambientes tridimensionais são potencialidades advindas do uso de programas e do computador, mas adverte que o projetista deve fazer um uso consciente do potencial dessa tecnologia, sendo “uma ferramenta de prática crítica.” (RIGHI et. al., 2011, p. 488)

Portanto, pode-se compreender que a máquina ou computador sozinho nada faz, mas acelera e auxilia a representação e criação do projeto. Menegotto et. al. (2000) deixa claro que o computador tem a função de assessorar e o seu uso foi uma atualização da forma de representar a ideia. O fato é que, com a evolução das tecnologias digitais, o arquiteto se vê obrigado a reinterpretar e reinventar o seu processo de projeto, para assim, atingir um bom resultado e não se limitar a máquina.

A história da arquitetura mostra as mudanças na forma de se pensar e produzir o desenho no processo projetivo. A prática do esboço manual das

ideias passou a concorrer com as práticas digitais proporcionadas pelos avanços tecnológicos. [...] As novas ferramentas CAD são dotadas de recursos para aplicação em projeto que incluem representação, análise, simulação, otimização, exploração formal, geração de alternativas e automação de tarefas. (RIGHI et. al., 2011, p. 486)

A atual prática dos arquitetos demonstra que o computador se consolidou como instrumento de trabalho e o mesmo passou auxiliar na concepção e elaboração dos desenhos técnicos. Segundo Righi et. al. (2011) nos tempos atuais, alguns processos criativos estão diretamente ligados ao digital, devido a possibilidade de reproduzir de forma virtual o idealizado, assim o arquiteto encontra nesse espaço simulativo a oportunidade de refletir e refinar as decisões de projeto.

Cada vez mais por meio de exemplos, os projetistas, perceberam que o computador simplesmente elevava o nível das possibilidades criativas, bem como podiam lidar com parâmetros simulativos fundamentais para os projetos. Os gráficos auxiliavam a rapidamente detectar problemas, bem como visualizar soluções [...] (LIMA, 2015, p. 31)

Portanto, o projeto contemporâneo possui um novo espaço de experimentação de ideias, o qual Piazzalunga (2005) denomina de ciberespaço<sup>9</sup>. Segundo a autora esse ambiente cada vez mais influencia a arquitetura, que deixa de ser refém do espaço físico, possibilitando ao arquiteto simular o meio real dentro de novos experimentos de processos de projeto.

[...] A arquitetura inscreve-se, cada vez mais, numa dimensão científica e tecnológica. Estamos diante de um contexto social em que é possível conceber novas formas de vivência por meio de novos sistemas. O fazer arquitetônico deve levar em conta não só a construção de espaços concretos, realizáveis, mas também a construção de espaços simulados, atualizáveis e virtualizados. (PIAZZALUNGA, 2005, p.37)

A simulação arquitetônica abre espaço para uma discussão sobre a materialidade do projeto. Onde, para muitos arquitetos e teórico, o projeto tem como única finalidade a construção, logo, existe uma tendência de invalidar os experimentos arquitetônicos digitais. Segundo Picon (2004), o projeto virtual é questionado por deixar de lado o princípio natural da arquitetura, uma vez que “o

---

<sup>9</sup> Ciberespaço é o termo originalmente criado por William Gibson em 1984, no seu livro de ficção científica *Neuromancer*, designado para as relações comunicativas humanas no espaço virtual, não sendo necessária a presença física nessa interação. Esse termo sugere uma maior ênfase na imaginação, já que muitas imagens surgidas nessas relações podem ser entidades conceituais. (LIMA, 2015, p.188)

desenho assistido por computador frequentemente parece descuidar da dimensão material da arquitetura, sua relação íntima com a propriedade física como o peso, os esforços e a resistência.”<sup>10</sup> (p.67, tradução nossa)

É perceptível que as ferramentas digitais não possuem unanimidade quando se trata da concepção arquitetônica. Todavia, a possibilidade de existir uma ferramenta que simule ou experimente o espaço e a estrutura antes mesmo dela ser concretizada, traz a oportunidade do arquiteto corrigir e melhorar o projeto que até então existia somente no papel.

Dentro desse contexto Nardelli (2005) traz o entendimento de que as ações simulativas orientam as definições do “[...] projeto e podem atestar a sua adequação a determinadas pré-condições derivadas de questões externas à composição formal propriamente dita.” (p. 34) A simulação digital da arquitetura, de forma geral acontece quando as ferramentas computacionais disponibilizam ao arquiteto a oportunidade de antever problemas e solucioná-los. Essa possibilidade de construir a obra no espaço virtual tem reverberado em muitas áreas, indo do ensino de arquitetura até à obra, que cada vez mais, se moderniza e conecta-se ao projeto digital da arquitetura.

Menegotto et. al. (2000), elucida que as ferramentas digitais de projeto possuem um valor que vai além da simples representação e simulação, permitindo ao arquiteto antecipar os fatos.

Assim como durante a Revolução Industrial os desenhos serviram como testes anteriores à obra, a Realidade Virtual nos permitirá, graças às suas possibilidades de análise, quantificação e interatividade, prever com mais precisão nosso futuro. Em última instância, projetar com mais certeza e menos dúvidas. (MENEGOTTO et. al., 2000 p.11)

Dentro dessa perspectiva, Righi (2011) entende que, as ferramentas digitais favorecem ao desenvolvimento da percepção visual, além de auxiliar o processo criativo. Sendo que, a atual tecnologia possibilita o uso de recursos em projetos, como: representação, análise, simulação, otimização, exploração formal, automação de tarefas e etc. Portanto, para Righi (2011), a prática do projeto de arquitetura se

---

<sup>10</sup> “El diseño asistido por ordenador a menudo parece que descuida la dimensión material de la arquitectura, su relación íntima con propiedades físicas como el peso, los esfuerzos y las resistencia.”

beneficia com a evolução e surgimentos de novas funções, pois o computador se apresenta como uma ferramenta de trabalho que ajuda o arquiteto a romper os limites humanos de reflexão do tradicional projeto.

O ciberespaço permite que a representação do projeto arquitetônico se aproxime do real e assim pode-se entender que “maior é o incremento criativo agregado à atividade projetual [...]” (RIGHI et. al., 2011, p. 487). Atualmente tanto os estudantes como os projetistas, são instigados pelo uso do computador durante a projeção e segundo Righi (2011), os processos de projeto se alteram a partir da adoção dos sistemas digitais, tendo por base que a “automação de tarefas com programas CAD mudaram as práticas profissionais e o ensino.” (p. 487)

Dentro desse contexto, Menegotto et. al. (2000) explica que a utilização do computador como ferramenta de trabalho, facilitou e aumentou a rapidez na produção de desenhos e extração de dados se comparada ao modelo tradicional. Mas o autor salienta que:

A produção de desenhos técnicos deixou de ser um entrave, contudo o gerenciamento desse crescente caudal de informação requer toda a nossa atenção, já que, com a mesma facilidade com que reproduzimos acertos, também reproduzimos nossos erros. (MENEGOTTO et. al. 2000, p.5)

Assim, o atual exercício de projeto traz o computador como mais uma ferramenta que colabora para o processo do arquiteto e se espera que a projeção evolua conforme o aprimoramento das tecnologias computacionais, uma vez que o projetista agora tem a responsabilidade de gerenciar as informações advindas do processo digital. Menegotto et. al. (2000), reforça esse entendimento onde o desenho assistido pelo computador continua em constante evolução, (ver tabela 1), e modificando sua base de dados, evoluindo para um modelo inteligente, onde cada vez mais, possibilita o incremento de informações diversas, potencializando as soluções projetivas.

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Década de<br><b>1960</b>              | Surgimento dos fundamentos da Computação Gráfica até chegar ao sistema CAD<br>“Em 1969 foi criado um software pela <i>Computer Corporation</i> para tornar viável a prática de CAD/CAM (Computer Aided Design e Computer Aided Manufacturing) [...] utilizado por engenheiros e arquitetos foi projetado inicialmente para conceber desenhos bidimensionais.” (LIMA, 2015, p.36)                                                                                                                                                                                                                                             |
| Década de<br><b>1970</b>              | Abordagem BIM ( <i>Building Information Modeling</i> )<br>“[...] nem o conceito nem a nomenclatura do BIM são novos – não datam de 2007, de 2002 ou de 1997. Os conceitos, as abordagens e as metodologias que hoje se identificam como BIM têm cerca de trinta anos, e a terminologia de <i>Building Information Model</i> está em circulação há pelo menos quinze.” (LAISERIN, 2007 <i>apud</i> EASTMAN, et. al., 2014, p.v)                                                                                                                                                                                               |
| Década de<br><b>1980</b>              | Utilização do sistema CAD como instrumento de projeto<br>“Por tratar-se de um programa com características de criação e edição baseadas em relações numéricas e precisas, não se tornou adequado para as etapas de concepção de projeto, mas efetivamente na substituição da prancheta de desenho.” (LIMA, 2015, p.36)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Década de<br><b>1990</b>              | Exploração e experimentação da modelagem 3D em arquitetura<br>“[...]O software incorpora-se ao projeto do arquiteto e surgem dois conceitos: <i>form-making</i> e <i>formfinding</i> , em que o primeiro caracteriza a possibilidade de modelar através de instrumentos digitais (modeladores 3D) formas orgânicas e irregulares imaginadas pelo arquiteto e o segundo, mais instigante, que é ‘procurar’ a forma, utilizando o software, para através de teorias físicas e matemáticas reproduzir ciclos e estruturas de geração e transformação da natureza (morfogenesis e arquiteturas genéticas)..” (ROCHA, 2009, p.41) |
| Década de<br><b>2000</b><br>em diante | O período da Crítica Teórica<br>“[...]torna-se um olhar crítico sobre os resultados destes últimos vinte anos, já com constatações e valorações do uso da tecnologia tanto no projeto, como no ensino da arquitetura.” (ROCHA, 2009, p.31)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                       | Consolidação da construção digital - BIM<br>“Ao passo que os sistemas CAD se tornaram mais inteligentes e mais usuários desejaram compartilhar dados associados com dado projeto, o foco transferiu-se dos desenhos e das imagens 3D para os próprios dados. Um modelo de construção produzido por uma ferramenta BIM pode dar suporte a múltiplas vistas diferentes dos dados contidos dentro de um conjunto de desenhos, incluindo 2D e 3D.” (EASTMAN, et. al., 2014, p.12)                                                                                                                                                |

Tabela 2 Evolução CAD em Arquitetura

Fonte: Elaborado pelo autor

O desenho, concebido como uma base de dados gráfica irá, aos poucos, incorporando a inteligência suficiente para propor soluções de projeto, guiando-nos em nossa busca por uma solução ótima de design. Nesse dia não estaremos desenhando as partes do nosso projeto, senão projetando diretamente sobre o modelo ou protótipo digital. Quando falamos em modelos computadorizados, não devemos confundir com os modelos tridimensionais atuais do tipo maquete eletrônica. Os futuros modelos poderão vir a ser tanto tridimensionais, bidimensionais ou até esquemáticos. O essencial neles não será o fator dimensional, e sim o nível de inteligência que eles possuam, que nos ajude a decidir entre diferentes alternativas de projeto. (MENEGOTTO et. al., 2000 p.10,11)

Dessa forma, as ferramentas computacionais de projeto chegaram a um momento onde a tecnologia construtiva se uniu ao desenho digital. Gerando um modelo com informações da construção, sendo esse um “novo” conceito de projeto e

uma nova barreira para se ultrapassar. Entende-se que o arquiteto continua dentro do processo evolutivo tecnológico digital e o seu método de projeto deve-se adaptar a uma nova cultura de projeção, onde além do desenho será desenvolvido um modelo de informação, que é a simulação virtual da construção.

## 1.2 SÍNTESE CAD

O termo CAD surgiu em 1959 e segundo Ruschel, et. al. (2011), designava o desenho vetorial fruto de operações matemáticas e geométricas executadas através de comandos computacionais. A autora ainda explica que a terminologia em sua origem representava tanto o desenho, quanto o projeto, ambos assessorados pelo computador, assumindo a sigla CADD (*Computer-Aided Design and Drafting*) que devido ao progresso da tecnologia e com a constante automatização do desenho, o termo consolidou tal como se conhece atualmente – CAD – *Computer-Aided Design*, voltando-o para o desenvolvimento do projeto.

Atualmente é comum o entendimento da sigla referindo-se a um sistema computacional, softwares de desenho, utilizado para projetar e desenhar objetos desde natureza mecânica até arquitetônica. Sendo assim, na literatura é possível encontrar derivações do termo CAD, caracterizando mais especificamente outros ramos de trabalho e projeto na indústria. (ver tabela 2) Apesar das diferentes siglas existentes os termos continuam sendo caracterizados pelo sistema de desenho assistido pelo computador.

| TERMO NA LITERATURA                                        | USO                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CAE</b> ( <i>Computer-Aided Engineering</i> )           | “[...] quando o projeto é de engenharia [...] e os recursos computacionais são voltados a cálculos, análises, dimensionamento e simulações de engenharia sobre o modelo do produto em desenvolvimento.” (RUSCHEL, et. al., 2011, p. 395)                                                                       |
| <b>CAAD</b> ( <i>Computer-Aided Architectural Design</i> ) | “Quando o projeto é de arquitetura [...] e os recursos computacionais são de desenvolvimento, avaliação e simulação do modelo da edificação (componentes ou utensílios), conjuntos de edificações ou espaço urbano, desde a etapa de concepção até o detalhamento executivo.” (RUSCHEL, et. al., 2011, p. 395) |
| <b>CAM</b> ( <i>Computer-Aided Manufacturing</i> )         | “Quando a fabricação é auxiliada por computador, em escala reduzida ou real.” (RUSCHEL, et. al., 2011, p. 395)                                                                                                                                                                                                 |

**Tabela 3 Terminologias CAD**

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Ruschel (2011)

Dentro da indústria da construção, o sistema CAD tem se favorecido pelo avanço dos hardwares e softwares, ao ponto de progredir em diferentes estágios de funções tecnológicas. Assim, baseado na visualização, capacidade de processamento e recurso de sistema, o CAD avançou e possibilitou a inserção das demais dimensões (ver tabela 3) de trabalho dentro dos softwares, auxiliando o desenvolvimento e evolução no processo de projeto do arquiteto. Portanto Ruschel (2011) pondera que, mesmo com tais incrementos das ferramentas digitais e facilidades da simulação da construção, para alguns projetistas, ainda é difícil realizar o processo de raciocínio criativo do desenho livre direto em softwares CAD.

|                   |                                                                                                                                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CAD 2D</b>     | Desenho bidimensional, utilizando ferramentas simples. A digitalização da prancheta.                                                                                       |
| <b>CAD 3D</b>     | Modelagem em três dimensões, utilizando combinações de sólidos e superfícies, possibilitando animação e realidade virtual. A representação volumétrica digital do projeto. |
| <b>CAD 4D, nD</b> | Junto ao modelo 3D, uniu-se a parametrização <sup>11</sup> que agregou informações não gráficas como o tempo, custo, material. A simulação construtiva do projeto.         |

**Tabela 4 Evolução das ferramentas CAD**  
**Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Ruschel (2011)**

Apesar da ferramenta CAD não ser unanimidade na etapa de concepção de projeto, é inegável que o computador consolidou e atualmente são perceptíveis as melhorias que surgiram ao longo do desenvolvimento do processo de projeto. Menegotto et. al. (2000), explica que a utilização do desenho assistido pelo computador possibilitou cada vez mais uma dinâmica e primorosa troca das informações entre os profissionais envolvidos. Assim, é compreensível que:

[...] a qualidade de um projeto elaborado no sistema CAD não se restringe à aparência do desenho impresso, mas também nas informações nele contidas, o que melhora a eficiência do desenvolvimento do projeto num ambiente colaborativo. (RUSCHEL, et. al., 2011, p. 396)

---

<sup>11</sup> “A modelagem paramétrica baseada em objetos foi desenvolvida originalmente nos anos 1980. Ela não representa objetos com geometrias e propriedade fixas. Ao contrário, ela representa objetos por parâmetros e regras que determinam a geometria, assim como algumas propriedades e características não geométricas. Os parâmetros e as regras permitem que os objetos se atualizem automaticamente de acordo com o controle do usuário ou mudança de contexto.” (EASTMAN, et. al., 2014, p.25)

A atual comunicação digital entre os projetistas reduz cada vez mais as distâncias e a necessidade das trocas dos projetos em versões físicas. Em Arantes (2012), é possível entender que o sistema CAD, através do incremento de funções como *layer* (camada) e outros, possibilitou melhor gerenciar o desenho/projeto, filtrar e isolar informações conforme a necessidade do arquiteto/projetista. Atualmente é possível o profissional conferir, coordenar, integrar e combinar os diversos projetos da construção civil, mesmo que ainda no âmbito digital, reforçando cada vez mais a dispensa do papel no momento da integração da edificação.

Desde a inicial prancheta digital até ao ambiente virtual paramétrico de projeto em 3D, é perceptível as contribuições do sistema CAD que continua se aperfeiçoando com o passar do tempo e evoluindo o sistema computacional. Assim, Rodrigues (2008) entende que a tecnologia cada vez mais possibilita o surgimento de softwares específicos para a indústria da construção civil, com alto grau de inteligência, que produzem modelos parametrizados com informações importantes para a dinâmica do projeto e da obra.

Portanto, atualmente dentro da arquitetura existem inúmeros softwares vinculados ao sistema CAD, sendo alguns identificados pela possibilidade de executar objetos inteligentes, paramétrico e alimentado por um banco de dados da construção – o BIM e outros reconhecidos pelo uso de objetos geométricos simples com formas e comandos mais similares a tradicional prancheta do arquiteto. Assim:

[...] a principal característica entre essas ferramentas se encontra em sua maior ou menor capacidade quanto à resolução de problemas e de sua adaptação a novas situações. O fato é que tais ferramentas computacionais nunca serão completas, o que é comprovado pela maioria dos programas apresentarem poderosos recursos de customização. (RODRIGUES, 2008 p.6)

Eastman, et. al. (2014), concorda com esse entendimento, uma vez que enfatiza “[...] que nenhuma plataforma será ideal para todos os tipos de empreendimentos.” (p.54) Portanto, é importante reforçar que até o momento presente as ferramentas computacionais CAD, exigem a presença de um profissional habilitado para conduzir e romper com as limitações dos softwares e assim atingirem uma produção e representação gráfica excelente do projeto.

## 2. A MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO – BIM

Hoje, contudo, os novos processos informáticos de geração de sistemas de criação apoiados na realidade virtual e em softwares de renderização e de criação de superfícies complexas, assim como em programas de construção de objetos 3D nos introduzem a um novo ciclo de criação virtual que nos libertará, cada vez mais, da necessidade da construção como realidade última de verificação do possível. Esse caminho aberto pela informática pode vir a mudar radicalmente o que chamamos, até hoje, de projeção e de arquitetura. (RAMOS, 2007 p. 344)

### 2.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

A constante evolução da tecnologia CAD possibilitou ao projetista uma “nova” plataforma de trabalho, que é estudada desde 1975 pelo professor Chuck Eastman. Desde então, segundo Succar (2009), diversas pesquisas investigaram os componentes e a construção de modelos de produtos, antes mesmo do surgimento do termo BIM – *Building Information Model* (Modelagem de informação da Construção).

Dentro desse entendimento, tem-se Laiserin, 2007 *apud* Eastman, et. al. (2014), que disseminou e caracterizou a terminologia a partir da junção dos estudos, “*Building Product Models*” (Modelo de Produtos da Construção) e “*Product Information Models*” (Modelos de Informações do Produto), encontrados em pesquisas desenvolvidas nos EUA e Europa ao longo dos anos 1970 e 1980 para referir-se à recente e atual sigla BIM. Tal sistema digital segundo Succar (2009) caracterizou uma mudança tecnológica e de procedimentos dentro do setor da construção, fomentando diversos estudos sobre o tema.

Percebe-se assim, um interesse entre os pesquisadores em conceituar da melhor forma o termo BIM, que tem sua origem nos estudo do aprimoramento do projeto auxiliado pelo computador, sistema CAD. Tanto em Eastman, et. al. (2014) como em outros autores, a singularidade do conceito é algo questionável, uma vez que é possível encontrar várias definições e entendimento (*ver tabela 4*) a partir de diferentes aspectos, “[...] de conceito à descrição *in natura*, esses termos podem ser atribuídos à pesquisa ou à indústria, bem como desenvolvedores de software<sup>12</sup>.” (SUCCAR, 2009 p.357, tradução nossa)

---

<sup>12</sup> From conceptual to descriptive in nature, these terms can be attributed to research or industry bodies as well as software developers. (SUCCAR, 2009 p.357)

| TERMO UTILIZADO                                                       | ORGANIZAÇÃO E PESQUISADOR                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Product Information Models, Asset Lifecycle Information System</b> | Fully Integrated & Automated Technology                                                       |
| <b>Building Information Modelling</b>                                 | Autodesk, Bentley Systems and others                                                          |
| <b>Building Product Models</b>                                        | Charles Eastman                                                                               |
| <b>BuildingSMART</b>                                                  | International Alliance for Interoperability                                                   |
| <b>Integrated Design Systems</b>                                      | International Council for Research and Innovation in Building and Construction ( <b>CIB</b> ) |
| <b>Integrated Project Delivery</b>                                    | American Institute of Architects                                                              |
| <b>nD Modeling</b>                                                    | Universidade de Salford – School of Built Environment                                         |
| <b>Virtual Building</b>                                               | Graphisoft                                                                                    |
| <b>Virtual Design and Construction &amp; 4D Product Models</b>        | Universidade de Stanford – Centre for Integrated Facility Engineering                         |

Tabela 5 Termos relacionados à modelagem BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Succar (2009) e Andrade, et. al. (2011)

A partir das mais variadas definições, Succar (2009) apresenta o BIM como a integração de modelagem de produto e método, sendo um conjunto de políticas, processo e tecnologias, que interagem entre si de forma constante, com o intuito de coordenar as informações geradas ao longo do desenvolvimento e manutenção do edifício. Complementando esse raciocínio, Andrade et. al. (2011), traz o entendimento que ora vinculam o BIM a uma ferramenta, a uma tecnologia e a um processo, porém todas se relacionam, uma vez que, as informações do modelo podem reduzir a distância, potencializar a comunicação e eficiência na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação - AECO.

Dessa forma pode-se perceber o quão comum é relacionar o BIM a um processo, visto que a maioria das pesquisas buscam desenvolver e implementar uma metodologia de trabalho fundamentada em seu conceito, que vai além de uma tecnologia e uma simples ferramenta de desenho.

| Percepção sobre o BIM        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Agentes envolvidos                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BIM Ferramenta               | Está associado a um software utilizado por profissionais da AECO, com a finalidade de produzir, documentar e gerenciar de forma rápida, dinâmica e precisa o projeto do edifício. Também se refere a uma ferramenta que auxilia a gestão das informações consolidadas por diversos profissionais ao longo do projeto, obra e manutenção do edifício.                                                                                          | <b>Software</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Archicad,</li> <li>• Revit, Navisworks,</li> <li>• Digital Project,</li> <li>• Dprofiler,</li> <li>• Tekla Structures, etc.</li> </ul>           |
| BIM Tecnologia <sup>13</sup> | Está vinculado a pesquisas para o desenvolvimento de softwares e hardwares a fim de elevar o grau de eficiência, produtividade e lucratividade da indústria da construção. Também se associa a um banco de dados (informações da construção), onde através de um sistema de <i>input</i> e <i>output</i> , possibilita o incremento de dados e informações para o processo de documentar o projeto, simular e gerir a construção do edifício. | <b>Fabricantes de software</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Graphisoft,</li> <li>• Autodesk,</li> <li>• Gehry Technologies,</li> <li>• Beck Technologies,</li> <li>• Trimble, etc.</li> </ul> |
| BIM Processo                 | Está relacionado a um modelo digital colaborativo e integrado a uma simulação construtiva. É uma metodologia de projeção multidisciplinar que possibilita um fluxo de informação e trocas automatizadas de dados ao longo do projeto, da obra, da fabricação e manutenção do edifício.                                                                                                                                                        | <b>Profissionais e Investidores</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arquiteto,</li> <li>• Engenheiro,</li> <li>• Proprietários,</li> <li>• Empreiteiros,</li> <li>• Gerentes, etc.</li> </ul>    |
| BIM Política <sup>14</sup>   | Está associado a um conjunto de boas práticas para o funcionamento e uso do BIM pelos profissionais, diminuindo conflitos dentro da indústria da construção. São diretrizes que buscam a preparação, a regulamentação e o contrato no processo de projeto, construção e operação.                                                                                                                                                             | <b>Pesquisadores, Autarquias e Códigos de construção</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro de pesquisa,</li> <li>• Instituição de ensino,</li> <li>• Órgãos reguladores, etc.</li> </ul>    |

Tabela 6 Percepção sobre o BIM,

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Succar (2009), Andrade, et. al. (2011) e Eastman, et. al. (2014)

<sup>13</sup> A tecnologia é “a aplicação do conhecimento científico para fins práticos” (tradução nossa) Technology is “the application of scientific knowledge for practical purposes”. (SUCCAR, 2009 p.359)

<sup>14</sup> Políticas são “princípios ou regras escritas para orientar a tomada de decisões” (tradução nossa) Policies are “written principles or rules to guide decision-making”. (SUCCAR, 2009 p.359)

Assim, o conceito de BIM adotado nessa dissertação surge de Eastman, et. al. (2014), que o entende como um processo de simulação da construção onde os projetistas se utilizam da tecnologia e da ferramenta para trabalhar de forma integrada dentro de um modelo computacional, acompanhado por um conjunto de informações, que a qualquer momento pode ser acessado e assim produzir desenhos, comunicar e analisar as futuras edificações.

Essa percepção é bem aceita por vários estudiosos, onde o BIM se configura como a união de três etapas dentro do processo de projeção, sendo, a representação, a compatibilização e por fim o gerenciamento e manutenção do edifício. Tal entendimento é reforçado por Andrade, et. al. (2011), onde, o BIM em sua essência traz o princípio de uma indústria da AECO, muito mais colaborativa, onde se utiliza das melhores tecnologias disponíveis para aprimorar e coordenar os fluxos de informações, reduzir erros e, portanto, aumentar a interoperabilidade<sup>15</sup> e eficiência na execução e manutenção de um edifício.

Esse novo ambiente de trabalho favorece ao arquiteto compartilhar de forma fácil e rápida, dados entre os projetistas através de diversos softwares com características BIM, o que acaba por proporcionar um processo de projeto integrado à gestão e manutenção das obras e dos edifícios existentes. Assim, pode-se entender que essa ferramenta é um agente potencializador dentro da indústria da AECO, gerando informações que são à base de um modelo construtivo, partindo do projeto, passando pela obra e desempenhando um papel importante na etapa de uso e ocupação dos prédios.

Eastman, et. al. (2014) fundamenta esse entendimento, onde o BIM permite a criação de um modelo tridimensional inteligente, o que favorece a coordenação dos projetos, da obra e da manutenção, ou seja, realiza de forma integrada a simulação construtiva do edifício, além de reproduzir de forma precisa e simultânea a representação projetiva 2D. Essa plataforma de trabalho estimula um processo de projeto onde todos os profissionais envolvidos inserem informações em um mesmo

---

<sup>15</sup> “A interoperabilidade consiste na capacidade de identificar os dados que necessitam ser passados entre aplicativos. Caso exista uma boa interoperabilidade, elimina-se a necessidade de réplica de dados de entrada que já tenham sido gerados, além de facilitar o fluxo de informação entre diferentes aplicativos durante o processo de projeto.” (ANDRADE, et. al., 2011, p.431)

modelo, diminuindo os ruídos e identificando de imediato as divergências dos projetos, e a qualquer momento as informações podem ser acessadas, para assim produzir, comunicar e analisar as intenções de cada projetista.

A partir de então, percebe-se que o processo BIM dentre outros incrementos, pode favorecer ao arquiteto gerenciar e coordenar as etapas de projeto, favorecer ao construtor gerenciar e coordenar as etapas construtivas e favorecer ao proprietário e usuários coordenar e gerenciar o custo e a manutenção da edificação. Visto isto, o processo é contínuo não limitado somente aos dados construtivos, pois possibilita inserir informações referentes ao uso e ocupação dos espaços, a catalogação de mobiliários existentes para fins de conservação do patrimônio e outras possibilidades à explorar.

“O BIM (Modelagem de informação da Construção, Building Information Modeling) é uma metodologia que começa com a criação de um modelo de projeto 3D inteligente que será usado para facilitar as tarefas de coordenação, simulação e visualização, ajudando também proprietários e prestadores de serviços a aprimorar o modo como as edificações e a infraestrutura são planejadas, projetadas, construídas e gerenciadas” (AUTODESK, 2017)

Com a crescente popularização e possibilidade de uso, o BIM se tornou um ótimo objeto de pesquisa, tanto para os desenvolvedores de softwares como para a academia, devido o seu grau de relevância dentro do atual cenário da construção civil. Dessa forma, Eastman, et. al. (2014) destaca que muitos softwares se aproveitam desse momento de inovação e geram ruído na definição do termo, que fica confuso e sujeito a variações. Caracterizar o que pode ser ou não solução de modelagem BIM é pertinente, uma vez que, segundo Catelani (2016) dentro dessa crescente abordagem tecnológica, muitos softwares surgem “travestidos como soluções BIM”.

A tabela a seguir, foi desenvolvida com o intuito de caracterizar a tecnologia e a ferramenta de forma objetiva e prática. Contudo, é importante ressaltar que o BIM está ligado a um processo, sendo uma contínua alimentação das informações da construção, assim, além dos softwares serem desenvolvidos dentro da tecnologia é importante os projetistas/arquitetos pensarem e projetarem em um processo BIM, o que dará continuidade ao ciclo e pretensão da plataforma.

| Caracteriza BIM                                                                                                                                                                                                                                      | NÃO caracteriza BIM                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Todo modelo 3D acrescido de informações construtivas, suportando a integração de dados e análises de projetos.                                                                                                                                       | O simples fato de visualizar o edifício e instalações em 3D, onde o modelo não apresente nada além da própria geometria.                                                                                           |
| Múltiplas referências 2D com atualizações automáticas das informações (quantidade, desenho e etc.).                                                                                                                                                  | Trabalhar com diferentes vistas, sem a possibilidade de atualizar o modelo de forma automática.                                                                                                                    |
| Permite simular e analisar a construção pretendida, através do modelo gerado baseado nas informações inseridas pelos projetistas.                                                                                                                    | A inexistência da possibilidade de extração de dados e quantitativos gerados a partir do modelo, com a finalidade de simular de forma analítica o edifício e a construção pretendida.                              |
| Objetos 3D paramétricos e Inteligentes que possibilitam rápidas alterações e modificações ainda durante o desenvolvimento do projeto.                                                                                                                | Objeto 3D similar ao BIM, mas com total dependência de alterações manuais e demoradas, o que torna o modelo mais passível a erros e inconsistências.                                                               |
| Modelo com atualização automática e com fácil interoperabilidade – IFC <sup>16</sup> (Industry Foundation Classes), facilitando a compatibilização e integração com demais projetos.                                                                 | Modelo não baseado em IFC (Industry Foundation Classes), não interagindo e respondendo de acordo, com outros softwares BIM.                                                                                        |
| Trabalho integrado à gestão de bancos de dados, onde não importa a forma de visualização durante uma revisão e modificação, (tabela, relatórios ou documentos, desenho), o sistema atualizará todas as possíveis formas de visualização de dados BIM | Modelo 3D não dinâmico, com limitações durante ao gerenciamento de projeto, obra e manutenção, exigindo do usuário uma revisão em todas as possíveis formas de visualização a cada mudança ou alteração do modelo. |

**Tabela 7 O que caracteriza ou não BIM.**

**Fonte:** Elaborado pelo autor, adaptado de Catelani (2016) e Eastman, et. al. (2014)

Dentro desse contexto, Eastman, et. al. (2014), explica que a modelagem paramétrica e a interoperabilidade são as principais tecnologias que distinguem o BIM dos demais softwares. Mesmo não sendo exclusividade da plataforma e da indústria da construção, a utilização de regras ou parâmetros já é uma realidade nos demais setores da indústria, como a automobilística e aviação.

---

<sup>16</sup> Modelo ou extensão de “[...] troca de dados de domínio público do produto da construção civil [...] O IFC é um formato para ser usado no planejamento do edifício, no projeto, na construção e no gerenciamento.” (ANDRADE, et. al. 2011, p.433)

A modelagem paramétrica segundo Eastman, et. al. (2014) possibilita definir e modificar a geometria e as informações características do modelo 3D, através de regras editável existentes. Sendo assim, essa tecnologia não se define por um objeto com geometria e particularidades fixas, mas sim por parâmetros e condicionantes atribuídas, com o intuito de viabilizar aos projetistas controlar e alterar as propriedades do modelo, de forma prática e de acordo com o contexto e a sua necessidade.

Dentro do desenvolvimento do projeto arquitetônico, a tecnologia paramétrica, segundo Andrade, et. al. (2011), possibilita a experimentação dinâmica ao longo das tomadas de decisões, uma vez que o processo de projeto não é linear, se caracterizando como um “vai-e-vem” de ideias, alterando continuamente a forma e a geometria do modelo. Esse assunto será melhor abordado no próximo capítulo.

A partir das características proporcionadas pela modelagem paramétrica, Eastman, et. al. (2014) explica que o vínculo dessa tecnologia com o BIM se deve ao fato dos aplicativos serem fundamentados em um banco de dados base, componentes carregados de informações da construção – parede, porta, janela e etc. – gerando um projeto com modelos paramétricos, família<sup>17</sup>, que contribuem para análises e processo construtivos. Dessa forma, os fabricantes de software da indústria da AECO, “[...] predefiniram um conjunto base de famílias de objetos de construção para os usuários, que podem ser estendidas, modificadas ou acrescidas.” (Eastman, et. al. 2014, p.25) (*ver figura 2-1*).

Eastman, et. al. (2014), entende que os objetos paramétricos, as famílias, são atributos definidos pela indústria e/ou pelo usuário, sendo esses modelos fundamentais para o funcionamento do BIM, uma vez que as características paramétricas se fazem necessária ao longo do processo por favorecem a análises técnicas, como, estimativas de custos, eficiência energética e outras aplicações que atualmente são variadas a depender da ferramenta BIM e intenção do projetista.

---

<sup>17</sup> “[...] são conjuntos de objetos paramétricos organizados por categorias específicas (portas, paredes, componentes construtivos, vistas, textos e até detalhes construtivos).” (MENEGOTTO, 2013)

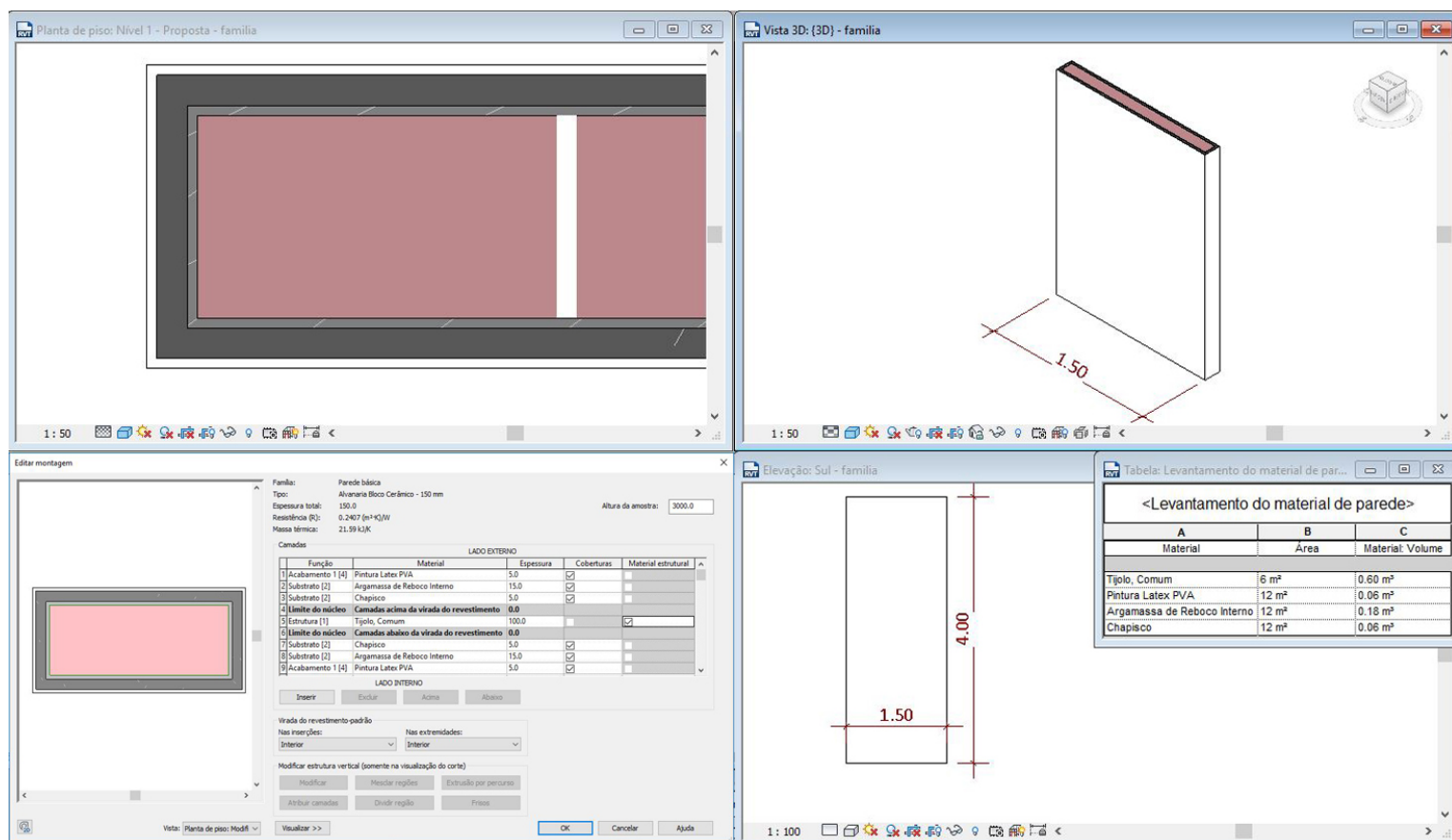


**Figura 2.1-1 Esquema de funcionamento dos parâmetros da família: parede**  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Essa possibilidade de análise e desenvolvimento do modelo em diferentes softwares está diretamente ligada a outra característica fundamental do BIM, a interoperabilidade, que “[...] representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão.” (Eastman, et. al. 2014, p.65) Essa necessidade em transferir informações, surge do entendimento que nenhum software pode sozinho, desenvolver todas as atribuições referente a produção do projeto, visto que, alguns fabricantes desenvolvem softwares BIM com características para cada segmento da indústria da AECO, como arquitetura, instalações prediais, estruturas e outros.

Andrade, et. al. (2011) reforça essa funcionalidade, quando salienta que, uma boa comunicação entre os softwares evita o surgimento de duplicidade de objetos, aproveitando dados e parâmetros já desenvolvidos nos demais programas. Assim, a interoperabilidade potencializa o fluxo de informação e o funcionamento integrado do

projeto em BIM, viabilizando o ciclo característico da indústria da construção, projeto, construção e operação. (ver figura 2-2).

Um intercâmbio de dados BIM ocorre quando um reprodutor BIM exporta e importa dados estruturados e computáveis por outro aplicativo. Intercâmbios assumem uma “interoperabilidade ideal” entre os sistemas emissor e receptor – Interoperabilidade é definida como “a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e as usarem”. <sup>18</sup>(SUCCAR, 2009 p. 363, tradução nossa).

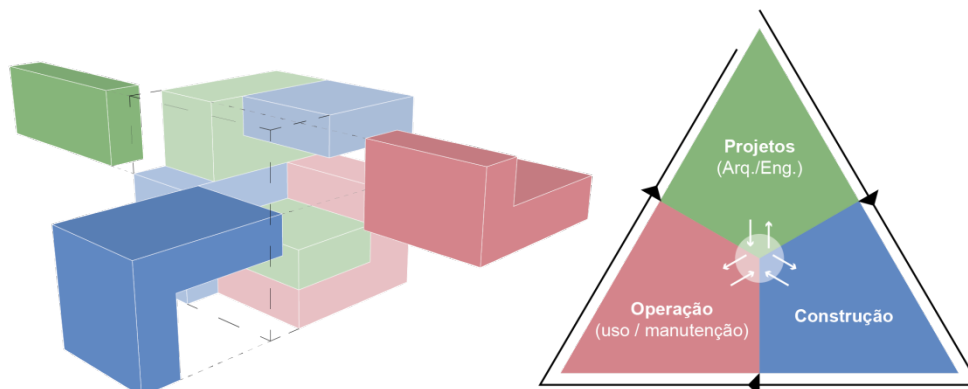


**Figura 2.1-2 Interoperabilidade, troca de informações alimentando o modelo durante o ciclo de vida da construção.**  
**Fonte: Adaptado de Succar (2009)**

A interoperabilidade não é algo novo dentro dos diversos campos da indústria, pois sempre existiu a necessidade de exportar e importar arquivos para o compartilhamento de dados e informações durante o processo projetivo e executivo. A inserção do computador como ferramenta de trabalho, intensificou e facilitou as trocas de informações ainda com sistema CAD. Assim, Andrade, et. al. (2011) explica que já existia extensões de arquivos capazes de intercambiar geometrias com os demais softwares de projeto, sendo a interoperabilidade fundamentada em uma tecnologia como a do DXF (*Drawing eXchange Format*) que tem por intenção as trocas geométricas.

Em se tratando de um modelo de informação da construção, Eastman, et. al. (2014), explica que o compartilhamento de dados instigou tanto, a organização ISO

---

<sup>18</sup> A BIM data interchange is when a BIM player exports and imports data that is structured and computable by another application. Interchanges assume ‘adequate interoperability’ between the sender and the receiver systems — Interoperability is defined as “the ability of two or more systems or components to exchange information and to use the information that has been exchanged” (SUCCAR, 2009 p. 363)

(*International Organization for Standardization*) como a própria indústria, em buscar meios de padronizar os modelos de produto e objeto disponibilizados pelos aplicativos nas trocas de informações ao longo do projeto. Assim, a ISO desenvolveu a linguagem de modelagem EXPRESS<sup>19</sup>, que se tornou a base central para compartilhar múltiplas informações em um modelo.

[...] EXPRESS suporta aplicações com múltiplos e redundantes tipos de atributos e geometrias, duas aplicações podem exportar ou importar informações diferentes para descrever o mesmo objeto. (EASTMAN, et. al. 2014, p. 65)

Dentro da indústria da construção e fundamentado na linguagem EXPRESS tem-se o IFC (*Industry Foundation Classes*), como a extensão de compartilhamento, que surgiu do trabalho colaborativo das indústrias e empresas de desenvolvimento de software. Segundo Eastman, et. al. (2014) o IFC se caracteriza como um “[...] conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção [...]” (p.73), ou seja, objetos inteligentes neutros com propriedade dos produtos da AECO e comuns aos diversos softwares BIM, onde o intuito é intercambiar as particularidades através de padrões abertos passíveis de importação e exportação. Assim, qualquer informação da construção, tanto quantitativo como qualitativo, contida no modelo paramétrico pode ser acessada pelos projetistas para o desenvolvimento e análises dos projetos.

A partir da discussão da modelagem paramétrica e interoperabilidade, entende-se que essas tecnologias são incrementos importantes aos instrumentos computacionais, de forma a contribuir fundamentalmente para o desenvolvimento do BIM. Assim, Andrade, et. al. (2011), explica que o uso dessa plataforma de trabalho exige dos projetistas uma mudança na cultura do projeto, uma vez que o modelo e a inserção de informações podem ser compartilhados a qualquer momento acelerando o processo de projeção e a simulação construtiva pretendida, além de melhorar o gerenciamento e a manutenção dos edifícios existentes.

---

<sup>19</sup> A EXPRESS adota muitos conceitos de orientação a objetos, incluindo a herança múltipla. Aqui, objeto se refere a um conceito de linguagem computacional que é muito mais do que representar objetos físicos. Dessa forma, os objetos podem ser usados para representar objetos conceituais ou abstratos, materiais, geometria conjuntos, processos e relações, entre outras coisas. (EASTMAN, et. al. 2014, p. 71)

“Com a utilização de ferramentas computacionais embebidas por objetos paramétricos, o projetista pode explorar diferentes alternativas de soluções de projeto de modo rápido e seguro. Essas diversas alternativas podem ser criadas e constituídas sem apagar ou criar outro desenho. Além disso, objetos com formas geométricas complexas, que outrora eram de difícil manipulação, tornam-se fácil e rapidamente manipuláveis.” (ANDRADE, et. al. 2011, p.426)

## 2.2O MODELO BIM

O termo modelo, segundo Campestrini (2015) há tempos é utilizado para designar objeto de ensaio na construção, sendo relacionado a um elemento físico que utilizam materiais e componentes com propriedades semelhantes ao utilizado durante a obra. O modelo tal como existe, possibilita simular o desempenho e entender o comportamento do projeto que se pretende executar, além de permitir realizar testes e validar raciocínios complexos de estrutura, instalações e outros.



**Figura 2.2-1 Modelo Físico, Sagrada Família / Antoni Gaudí- Ano 1883**  
 Fonte: adaptado do site, archineeringtalk

Dentro desse entendimento Catelani (2016), mostra a importância do modelo computacional BIM que, através do objeto paramétrico, leva em sua essência todas as informações da construção quando comparado ao sistema CAD que somente gera documentos simples. O termo “modelo BIM”, fortalecido pela interoperabilidade, pode ser entendido a partir de um projeto digital integrado, alimentado por diversos profissionais, com a intenção de simular, analisar, representar, consolidar e gerenciar uma construção pretendida e existente (*ver figura 2-2-2*). Assim, essa terminologia seria a síntese de “[...] uma representação digital multidimensional das

características físicas e funcionais de uma edificação ou instalação.” (CATELANI, 2016 p.58)



**Figura 2.2-2 Modelo BIM, Estação Antártica Comandante Ferraz - Ano 2013**  
**Fonte: adaptado do site, Estúdio41**

Do grego *proto* - como no *prototype* - sugere algo que é uma primeira versão de uma entidade que será replicada mais tarde. Os modelos BIM claramente se enquadram nessa ideia, sendo a primeira interação de uma construção. O processo de criação *proto-buildings* poderia se chamar de *proto-tectonics*, mas recentemente foi nomeada de construção virtual.<sup>20</sup> (TOBIN, 2008 p. 2, tradução nossa)

Campestrini (2015) compreende que o modelo BIM se fundamenta em informações sólidas, gerado a partir de um banco de dados único, sendo a base para os projetistas trabalharem de forma colaborativa a construção virtual. Tal tecnologia surge como uma oportunidade do projetista ensaiar o funcionamento da edificação, mesmo que em âmbito digital, fortalecendo as decisões projetuais, uma vez que, serão mais assertivas e gerarão um produto mais preciso e consolidado.

Nesse entendimento Tobin (2008), ressalta a atual oportunidade do arquiteto em desenvolver um modelo de informação da construção com o mesmo rigor de um prédio em construção, indo além da simples representação gráfica do projeto e aproximando ao máximo das simulações construtivas e materiais existentes no espaço físico, ou seja, ensaiando o edifício antes da execução final.

---

<sup>20</sup> The Greek Proto—as in prototype—suggests something that is a first version of an entity which will later be replicated. BIM models clearly fall under that rubric, being the first iteration of a building. The process of creating these proto-buildings we might call proto-tectonics, but more recently it has been called virtual construction. (TOBIN, 2008 p. 2)

Cabe salientar que, os modelos BIM carregam em si informações importantes para o exercício do pensar a edificação, logo, entende-se que o essencial “[...] não será o fator dimensional, e sim, o nível de inteligência que eles possuam, que nos ajude a decidir entre diferentes alternativas de projeto.” (MENEGOTTO et. al., 2000 p.10,11)

Nessas circunstâncias, percebe-se que o modelo computacional possibilita a indústria da AECO solucionar as interferências dos projetos e extrair o máximo de informação para uma boa prática e execução da obra pretendida, uma vez que, o BIM explicita através de um trabalho colaborativo, minúcias que se queira entender em forma de dados, tabelas, quantitativos e desenhos em diversas escalas. Portanto a integração dos profissionais no desenvolvimento do modelo enriquece o processo e demonstra o nível de maturidade BIM, caracterizado como estágio de modelagem da informação.

#### **a) ESTÁGIOS DE MODELAGEM BIM**

Succar (2009) entende o BIM como um conjunto de objetos inteligentes carregados de informações que representam elementos físicos reais, onde cada nível de maturidade no uso da tecnologia implica um determinado fluxo de dados e um estágio de riqueza do modelo.

Dentro desse contexto, Tobin (2008), explica que existem diversos níveis de interação e integração dos profissionais e das informações desenvolvidas com a tecnologia ao longo da concepção do modelo. Esses diferentes estágios foram hierarquizado pelo autor em, BIM 1.0, BIM 2.0, BIM 3.0, e posteriormente Succar (2009) acrescentou o Pré-BIM e o ideal da plataforma, IPD (Integrated Project Delivery), onde, todos estão diretamente ligado ao nível de maturidade do uso da ferramenta dentro do processo de projeto dos profissionais, refletindo assim, em diferentes modelagens da informação da construção.

Estágios BIM [...] identifica um ponto de partida fixo (o status antes da implementação do BIM), três estágios fixos de maturidade do BIM e um ponto final variável que permite avanços futuros imprevisíveis na tecnologia. Este artigo usa o termo Pré-BIM para representar o status da indústria antes da implementação do BIM e do Integrated Project Delivery (IPD) para

denotar uma abordagem ou um objetivo final de implementação do BIM.<sup>21</sup> (SUCCAR, 2009 p.361-362, tradução nossa).

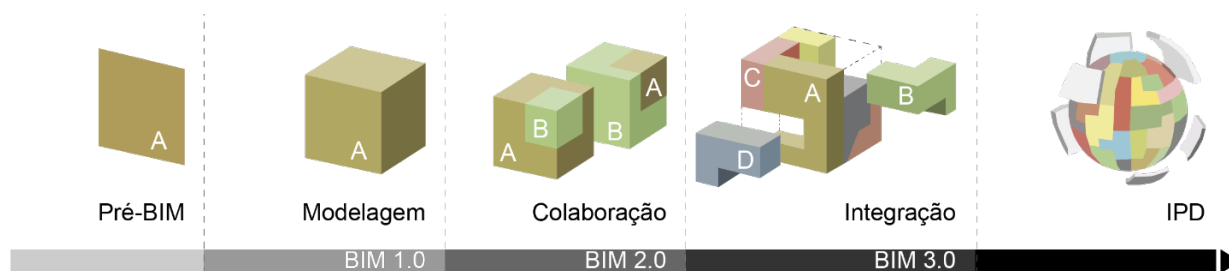


**Figura 2.2-3 Estágios de modelagem BIM**  
**Fonte: adaptado de Succar (2009) e Manzione (2013)**

Nessa gradação de maturidade, Andrade, et. al. (2011) explica que a implantação da plataforma implica em mudança no processo, na tecnologia e nas estruturas das equipes de trabalho, onde, cada estágio exige um aumento do trabalho colaborativo, concordância no processo e um aprimoramento técnico computacional (ver tabela 7). Percebe-se assim que, para usufruir e chegar ao nível máximo e ideal de aproveitamento do BIM o IPD é necessário uma grande evolução no processo como um todo.

Por envolver diversas pessoas e equipes distintas, internas e externas a uma organização, inevitavelmente, para que os processos sejam realizados harmonicamente e sem interrupções, sempre será necessário definir limites de atuação, regras e responsabilidades, além de planejar, testar e especificar soluções que garantam a interoperabilidade entre diferentes tecnologias, que, muito provavelmente, serão escolhidas e utilizadas pelos diferentes participantes. (CATELANI, 2016 p.17)

A partir de Succar (2009) e outros referências, é possível entender que a melhora na integração do processo evolui conforme o estágio que se encontra as organizações de projeto, da indústria e do proprietário. As partes interessadas precisam aprimorar gradualmente o uso da tecnologia BIM e assim, aumentar ainda mais a percepção e o nível de desenvolvimento do modelo, ou seja, inserir as informações detalhadas da construção e do gerenciamento da edificação. O incremento da modelagem favorece a uma melhor comunicação entre os projetistas,

<sup>21</sup> BIM Stages — the second ‘dimension’ of the proposed framework — identifies a fixed starting point (the status before BIM implementation), three fixed BIM maturity stages and a variable ending point which allows for unforeseen future advancements in technology. This paper uses the term Pre-BIM to represent industry status prior to BIM implementation and Integrated Project Delivery (IPD) to denote an approach to or an ultimate goal of implementing BIM. (SUCCAR, 2009 p.361-362)

para uma eventual utilização do modelo e extração de dados, a partir do nível apresentado.

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                            |                                                                                  |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Pré-BIM                                   | Nesse momento o projeto é muito dependente da documentação bidimensional para descrever uma realidade tridimensional, as visualizações geradas em 3D são frequentemente desconexas e dependem de desenhos e detalhamento 2D. As informações como, custo, quantidades e outros não derivam de um modelo de visualização e nem são vinculadas à documentação. As práticas colaborativas entre as partes interessadas não são priorizadas e o fluxo de trabalho é linear e assíncrono.                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                            |                                                                                  |
|                                           | Equipe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Processo de projeto                                                                                        | Ferramenta                                                                       |
|                                           | Organizações separadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Linear, comunicação assíncrona.                                                                            | Representação do projeto em sistema CAD                                          |
| BIM 1.0 – A modelagem é baseada           | Nesse momento o BIM é utilizado somente como ferramenta, os profissionais e as partes interessadas do projeto não trabalham de forma integrada, geralmente cada disciplina desenvolve um modelo 3D que geram representações bidimensionais automática. Nesse estágio a ferramenta é utilizada principalmente, para coordenação e produção de documentos técnicos e visualização tridimensional. Não há trocas significativas com base no modelo entre as diferentes disciplinas de projeto, mas, estimula o rápido rastreamento de erros.                                                                                                                                                              |                                                                                                            |                                                                                  |
|                                           | Equipe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Processo de projeto                                                                                        | Ferramenta                                                                       |
|                                           | Organizações separadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Independente e sequencial, comunicação assíncrona.                                                         | Tecnologia BIM para representação 2D e 3D                                        |
| BIM 2.0 – A colaboração baseada em modelo | Nesse momento a tecnologia envolve até duas das partes interessadas no desenvolvimento do projeto, o que favorece uma melhor interoperabilidade e a cooperação dentro do ciclo do projeto, da obra e da manutenção do edifício. Nesse estágio é possível o início da correta troca de informação entre as disciplinas e seus respectivos profissionais, a partir de ambientes digitais de interação e integração dos projetos com uma compatibilização automatizada e uma análise dos modelos envolvendo 4D (tempo) e 5D (custo).                                                                                                                                                                      |                                                                                                            |                                                                                  |
|                                           | Equipe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Processo de projeto                                                                                        | Ferramenta                                                                       |
|                                           | Equipes de projeto coordenadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Interativo, interoperabilidade, comunicação assíncrona, compatibilização automatizada e modelos separados. | Tecnologia BIM para representação do projeto em modelos simples 3D               |
| BIM 3.0 – A integração baseada em rede    | Nesse momento a prática da tecnologia permite a integração total e simultânea dos projetos, gerando um modelo rico em informação ao longo do ciclo de vida da edificação. A interdisciplinaridade do objeto 3D permite realizar diversas análises e que ocorra a contribuição desde as fases iniciais de projeto de todos os envolvidos, facilitando a identificação dos problemas e das soluções, discutidos e executados em tempo real. Nesse estágio o BIM permite utilizar o potencial dos três pilares da tecnologia: modelagem paramétrica, interoperabilidade e gestão das informações do ciclo de vida.                                                                                        |                                                                                                            |                                                                                  |
|                                           | Equipe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Processo de projeto                                                                                        | Ferramenta                                                                       |
|                                           | Equipes de projeto totalmente integrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Trabalho em rede, simultâneo, modelo de dados extensivo, unificado e compartilhável.                       | Tecnologia BIM para modelagens de objetos ricos em informações em padrões aberto |
| IPD – Integrated Project Delivery         | Termo popularizado pelo <i>American Institute of Architects</i> (AIA) e segundo Succar (2009), é uma visão em longo prazo no uso do BIM com uma fusão de tecnologias, processos e políticas. Nesse momento a entrega de projeto é resultado da integração de pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas, sendo uma metodologia que aproveita as expertises e <i>insights</i> de todos os envolvidos no desenvolvimento da edificação. Nesse estágio ocorre a ideal integração do projeto (projetistas), obra (construtor) e manutenção (proprietário), onde o resultado pretendido é um projeto otimizado com maior ganho ao proprietário, reduzindo desperdício e maximizando a eficiência. |                                                                                                            |                                                                                  |
|                                           | Equipe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Processo de projeto                                                                                        | Ferramenta                                                                       |
|                                           | Equipes totalmente integrada e colaborativa – Projetista, Construtor e Proprietário.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Trabalho em rede, simultâneo, modelo de dados extensivo, unificado e compartilhável.                       | Tecnologia BIM para modelagens de objetos ricos em informações em padrões aberto |

**Tabela 8 Estágios de maturidade BIM**  
**Fonte: adaptado de Succar (2009) e Andrade et. al. (2011)**

## **b) NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DO MODELO (LOD – LEVEL OF DEVELOPMENT)**

Dentro da prática de modelagem BIM, o LOD se comporta como um fator importante ao longo do processo de projeto e segundo Manzione (2013), o nível de desenvolvimento do modelo é um princípio para a realização do IPD. Por se tratar de um ambiente colaborativo, o BIM permite fáceis trocas de informações a partir de um modelo gerado com dados suficientes para que os demais envolvidos no projeto se beneficiem e levem adiante o seu próprio trabalho.

O nível de desenvolvimento do modelo adquire grande importância ao permitir a consistência das informações e por facilitar a definição detalhada dos marcos e das entregas BIM, nas diversas fases. Dessa forma, o LOD auxilia os resultados esperados em cada etapa de projeto, caracterizando um parâmetro importante na elaboração de contrato e na política de utilização do BIM.

A estrutura do nível de desenvolvimento (LOD) dá subsídio aos participantes para o entendimento da evolução de um elemento da ideia conceitual até a definição precisa. Esta estrutura informa aos participantes em que nível de desenvolvimento uma informação deve estar em uma determinada fase do projeto, o que ajuda a evitar que algum participante utilize o modelo de forma não pretendida pelo seu autor ou infira maior precisão do que a real, permitindo que os participantes se comuniquem de maneira eficiente. (DELATORRE, 2015)

Segundo a revista BIMforum (2016) o termo LOD se apresenta como o nível de precisão em que a modelagem e as informações inseridas foram pensadas, demonstrando o grau de confiança na utilização do modelo pelas equipes. Dessa forma, entende-se que a clareza do nível de desenvolvimento do modelo auxilia a comunicação entre os projetistas e para a BIMforum (2016), a padronização das entregas consiste em uma referência para os profissionais da Indústria da construção especificar, comunicar e confiar no modelo, deixando explícito em contrato e no processo, o devido uso e limitações do produto BIM gerado ao longo do desenvolvimento do projeto, da construção e da operação.

A partir do nível de desenvolvimento do modelo estabelecido pelo, American Institute of Architects (AIA), Manzione (2013) explica que o LOD “descreve o grau de completude” em que o BIM é desenvolvido para atingir as trocas de informações específica entre cada projetista, em uma escala que varia em cinco níveis, LOD 100

(fase conceitual), LOD 200 (geometria aproximada), LOD 300 (geometria precisa), LOD 400 (execução ou fabricação) e LOD 500 (obra concluída).

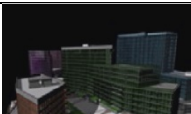
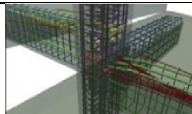
|                                                                           |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                           |                            |                                                                                                                |                                                                                            |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                     |
|                                                                           | <b>100</b>                                                                                                  | <b>200</b>                                                                                                                                                                                      | <b>300</b>                                                                                                                                                                   | <b>400</b>                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>500</b>                                                                                                                                                                                             |
| <b>Conteúdo do modelo</b>                                                 | <b>Conceitual</b>                                                                                           | <b>Geometria aproximada</b>                                                                                                                                                                     | <b>Geometria precisa</b>                                                                                                                                                     | <b>Execução – fabricação</b>                                                                                                                                                                                                                                       | <b>As-built</b>                                                                                                                                                                                        |
| <b>Projeto e Coordenação</b>                                              | Estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados                | Os elementos são modelados de forma genérica e com medidas aproximadas de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo | Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo | Os elementos são modelados com o objetivo de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo | Os elementos são modelados conforme construídos com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo |
| <b>Usos autorizados do modelo</b>                                         |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Planejamento</b>                                                       | Duração global da obra<br>Macro planejamento, fases e maiores elementos.                                    | Escala de tempo, definição da ordem de construção, aparência dos principais elementos e sistemas.                                                                                               | Apresentação ordenada pelo tempo das atividades principais e de conjuntos detalhadas                                                                                         | Fabricação e detalhes de montagem, incluindo meios e métodos de construção (gruas, escoramentos, etc.)                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Estimativa de Custos</b>                                               | Custos baseados em taxas médias e valores históricos de empreendimentos semelhantes. (R\$/m2 de construção) | Custos baseados em dimensões de elementos genéricos (paredes, lajes, etc.)                                                                                                                      | Custos baseados em dimensões precisas e especificações completas e detalhadas.                                                                                               | Custos baseados em preços confirmados em propostas de fornecedores.                                                                                                                                                                                                | Custos realizados.                                                                                                                                                                                     |
| <b>Cumprimento de programa de necessidades</b>                            | Áreas brutas dos diversos setores                                                                           | Requisitos específicos de cada um dos ambientes.                                                                                                                                                | Casos específicos, instalações e conexões.                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Materiais sustentáveis</b>                                             | Estratégias para atendimento dos requisitos LEED                                                            | Quantidades aproximadas de materiais organizados pelas categorias LEED                                                                                                                          | Quantidades precisas de materiais com a porcentagem de materiais reciclados                                                                                                  | Seleção dos fornecedores específicos                                                                                                                                                                                                                               | Documentação das compras e especificações                                                                                                                                                              |
| <b>Análises e simulações de iluminação, uso de energia, fluxos de ar.</b> | Estratégia e critérios de desempenho baseado em áreas e volumes.                                            | Projeto conceitual baseado na geometria aproximada e em predefinições de sistemas.                                                                                                              | Simulação aproximada baseada em sistemas projetados.                                                                                                                         | Simulação precisa baseada nas especificações do fabricante e em detalhes dos componentes dos sistemas.                                                                                                                                                             | Comissionamento e registro dos resultados obtidos.                                                                                                                                                     |
| <b>Construção</b>                                                         |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                 | O modelo servirá para a geração dos documentos tradicionais para a construção e a contratação.                                                                               | Os elementos do modelo são representações virtuais dos elementos especificados.                                                                                                                                                                                    | O modelo servirá para a gestão da manutenção e da operação da edificação ou instalação.                                                                                                                |

**Tabela 9 Níveis de Desenvolvimento – Especificação e Usos do BIM**

Fonte: adaptado de Catelani (2016) e Manzione (2013)

Assim, pode-se entender o LOD como uma referência, informação e geometrização mínima da modelagem em cada etapa do projeto. Esse parâmetro da modelagem permite uma boa comunicação entre os envolvidos, pois define de antemão os diferentes graus de desenvolvimento esperado em cada fase do projeto. Portanto, contribui para a consolidação das informações e utilização do modelo BIM dentro da indústria da construção, uma vez que o intuito do LOD é caracterizar o modelo dentro do processo.

### **2.30 CENÁRIO ATUAL E POTENCIAL DO BIM**

O nível de maturidade do processo de projeto e o grau de desenvolvimento do modelo favorecem a diversos usos e potencialidade da tecnologia. A existência de um arquivo altamente integrado e com LOD elevado estimula a eficiência do projeto e manutenção das edificações existentes. Segundo Campestrini et. al. (2015) dentro do ambiente colaborativo BIM, o modelo 3D possibilita um trabalho mais primoroso na identificação de solução de diversos problemas que podem existir na execução e manutenção do edifício.

Na atual circunstância da AECO, o processo de projeto e manutenção até então não explora a tecnologia em sua totalidade, porque muitos ainda veem o BIM apenas como um modelo que agiliza na representação gráfica. Essa característica da atual conjuntura brasileira, ainda em estagio BIM 2.0, descreve um processo em desenvolvimento e longe de todos profissionais trabalharem em um único modelo.

Com o futuro, será possível utilizar modelos para extrair informações de manutenção da edificação, de consumo de energia elétrica, de conforto e desempenho das edificações, e entre outras possibilidades ainda desconhecidas, [...] assim, quanto mais informação sobre uma edificação for utilizada durante o seu desenvolvimento, melhor tende a ser o projeto final. (CAMPESTRINI et. al., 2015, p.8)

Dentro desse contexto, Catelani (2016) elenca diversos benefícios e funcionalidade no uso do BIM, reforçando a ideia do modelo como protótipo de ensaio da obra no computador. Tal funcionalidade favorece a extração automática de quantitativos e realiza simulações estruturais, energéticas e outras a fim de validar e experimentar as soluções pretendidas no projeto. Assim, o 3D assume o papel além dos triviais, alcançando novos usos, onde o BIM vinculado a outras tecnologias resulta em funções pouco exploradas na atual conjuntura.

Como exemplo Catelani (2016), traz o uso de *laser scanning* (ver figura 2.3-1) que “[...] será cada vez mais comum e frequente [...]” (p.38), ao longo das etapas de projeto, construção, manutenção da edificação. Por se tratar de uma técnica de captura da realidade da edificação, essa tecnologia gera nuvens de pontos que normalmente são lidas e trabalhadas em softwares BIM, sendo uma forma de realizar levantamento e registro da edificação existente. Portanto, a partir da identificação e separação da composição do edifício é possível projetar modificar e ampliar construção.



**Figura 2.3-1 Imagem ilustrativa do processo de laser scanning**  
**Fonte: Adaptado de YODERS, Site Redshift by Autodesk**

“A realidade capturada também pode ser comparada e combinada com modelos BIM, para estudo de desvios ou para realização de simulações. Ou seja, o BIM é fundamental para que processos e vantagens do uso da tecnologia de captura da realidade sejam concretizados.” (CATELANI, 2016 p.39)

Dentro das possibilidades ainda desconhecidas, Pereira (2015) traz uma potencialidade pouco discutida, até o momento, sobre o uso da tecnologia em patrimônio. Segundo o autor, o uso do BIM em projetos de restauração pode agregar valor tanto na rapidez das intervenções, como no mapeamento das instalações existentes e explicitando as diversas intervenções que sofreu ao longo dos anos.

Catelani (2016) complementa esse entendimento e explica que devido o modelo ser baseado em dados e informações da construção, contribui para o processo de manutenção e gestão de ativos, após a conclusão e entrega da obra. Uma vez que é possível ao longo da obra registrar e catalogar os equipamentos utilizados, criando assim um modelo que vai além do processo de projeto e construção.

A partir de então entende-se que o acúmulo das informações e as atualizações dos dados para as futuras intervenções podem simular virtualmente o

estado do patrimônio, além de favorecer a fase de manutenção da edificação, que dentro do ciclo de vida da construção tem tanta importância como a fase de projeto e obra.

O processo de investigação e conservação do património arquitectónico é um sistema de actividades multidisciplinares onde cada profissional é tanto utilizador como fornecedor de uma larga quantidade de informação. [...] Qualquer decisão tomada entre os diferentes intervenientes é baseada no que é conhecido do objecto e qualquer falta de conhecimento ou inconsistência pode conduzir a erros e até estragos irreparáveis. [...] De facto, a abordagem BIM é potencialmente capaz de fornecer um ambiente de modelação onde dados geométricos e não geométricos sobre um artefacto arquitectónico podem ser representados, geridos, integrados, actualizados e partilhados entre diferentes intervenientes. O propósito do ambiente BIM é comportar-se como um inteligente dossiê electrónico de dados, sobre um artefacto, durante as actividades de investigação e conservação, integrando a representação geométrica e os dados não geométricos. (PEREIRA, 2015, p.31/32)

Assim, o gerenciamento da edificação existente pode ser contemplado pelo uso das ferramentas BIM, devido a uma modelagem da construção precisa e atualizada, a partir de atributos geométricos ou não do edifício. É importante salientar a existência de pesquisas e estudo, assumindo outras óticas de trabalho, aspectos e papel da tecnologia, não a limitando apenas ao processo de projeto, expandindo para além da obra, vislumbrando a manutenção do edifício, catalogação e documentação de patrimônios.

Dentro dessas possibilidades tem-se o caso da Diretoria de Obras Militares (DOM) do Exército Brasileiro, que possui o sistema OPUS<sup>22</sup> (ver figura 2-6), que é resultado da tecnologia BIM com o sistema GIS<sup>23</sup> (*Geographic Information System*)

---

<sup>22</sup> Sistema Unificado do Processo de Obras – OPUS é um Sistema informatizado de apoio à decisão que visa suportar as funcionalidades de Planejamento, Programação, Acompanhamento, Fiscalização, Controle, Gerência e Execução de Obras e Serviços de Engenharia de todas as atividades dos macroprocessos finalísticos do Sistema de Obras Militares (SOM), tanto no nível executivo quanto gerencial e estratégico. <http://www.dom.eb.mil.br/index.php/opus> acessado em: 15/02/2018 às 20:51.

<sup>23</sup> Os Sistemas de Informações Geográficas - SIG são sistemas computacionais, usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. A sua capacidade de reunir uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, estruturando os e integrando-os adequadamente, torna-os ferramentas essenciais para a manipulação das informações geográficas. (PINA et. al., 2000, p.14)

aliada ao processo de obras, onde a intenção é catalogar e registrar os edifícios e patrimônios do Exército em todo território nacional. Esse sistema se propõe formar um banco de dados, onde as obras e edifícios modelados em BIM possibilitem a consolidação das camadas de informação através da gestão geoespacial de obras do exército.



**Figura 2.3-2 Sistema OPUS**  
Fonte: Adaptado do site, DOM

Possibilidade do uso do BIM para fins de catalogação demonstra que o potencial da tecnologia vai além de um simples registro da construção, configurando como um real modelo de informação visando atender as diversas demandas que vem surgindo envolvendo a indústria da AECO. De certa forma, agora o arquiteto passa novamente por uma nova fase da revolução tecnológica digital e o seu processo de projeto deve-se adaptar a uma nova cultura de projeto, onde além do desenho será desenvolvido um modelo de informação, que é a simulação virtual da construção.

### 3. PROCESSO DE PROJETO DA EDIFICAÇÃO

A arquitetura é uma concepção da mente. Deve ser concebida em sua cabeça com os olhos fechados. Somente assim para visualizar seu projeto. O papel é apenas o meio de grafar a ideia e transmiti-la ao cliente ou ao construtor.<sup>24</sup> (LE CORBUSIER, apud COSME, 2008 p.25, tradução nossa)

#### 3.1 PANORAMA

De fato, a revolução industrial fortaleceu o uso do projeto como a representação da obra a ser construída, que segundo Cosme (2008) é tão antigo quanto a própria arquitetura. Mas, em uma sociedade complexa e que passou por um intenso processo de divisão social do trabalho, com a cisão de quem idealiza com quem executa, (projetista – operário), o projeto adquiriu a percepção de processo e pode-se assim entender, a interdependência de ambos para o desenvolvimento do produto.

Na visão contemporânea de processo de projeto, Fabrício (2002), o caracteriza como um desenvolvimento complexo sócio-técnico que perpassa tanto pelo processo intelectual de criação e representação das informações, como pelo processo de produção e serviços, onde mobiliza diferentes profissionais e meios de produção regidos por normas e legislações.

A conformação do processo de projeto contemporâneo é fruto de um desenvolvimento histórico e tecnológico que aponta para ampliação da complexidade dos conhecimentos e métodos empregados, ao mesmo tempo em que se intensificam a divisão social do trabalho e a especialização dos projetistas. Essa especialização é acompanhada pelo surgimento do ensino formal de engenheiros e arquitetos e de especialistas e pela formação e fortalecimento das ordens profissionais, levando a uma progressiva introdução de métodos de projeto e exigências normativas para o exercício da atividade de projetista (projeto autoconsciente). (FABRÍCIO, 2002 p.151)

Assim, nesse momento faz-se necessário ampliar as percepções existentes sobre o processo e sobre o projeto de uma edificação, entendendo que ambos estão intrinsecamente ligados, no que diz respeito à indústria da construção civil.

---

<sup>24</sup> La arquitectura es una concepción de la mente. Debe ser concebida en su cabeza con los ojos cerrados. Sólo en esa forma puede visualizar su proyecto. El papel es sólo el medio para anotar la idea y transmitirla al cliente o al constructor. (LE CORBUSIER, "Si tuviera que enseñarles arquitectura", 1934, apud COSME, 2008 p.25)

|          |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROCESSO | FABRICIO, 2002        | <b>O processo de desenvolvimento e projeto (do programa, dos projetos arquitetônicos, de engenharia de produto e para produção) se dá a partir da sucessão de diferentes etapas em níveis crescentes de detalhamento de forma que a liberdade de decisões entre alternativas vai sendo substituída pelo amadurecimento e desenvolvimento das soluções adotadas. (p.96)</b>                                               |
|          | MELHADO, et. al. 2005 | O conceito de processo remete à noção de uma metodologia para alcance de objetivos, [...] perpassando por etapas progressivas e geradoras de produtos cada vez mais detalhados, que lhe imprimem características e complexidade ímpares. (p.27)                                                                                                                                                                          |
|          | ABNT, 2005            | Processo é definido como conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas) (p.7)                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          | COSME, 2008           | O processo de elaboração do projeto é complexo e inclui muitas atividades de variados gêneros [...] <sup>25</sup> . (p.20 tradução nossa)                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | PMBOK, 2017           | Processo – Uma série de atividades sistemáticas direcionadas para alcançar um resultado final de tal forma que se aja em relação a uma ou mais entradas a fim de criar uma ou mais saídas. (p.720)                                                                                                                                                                                                                       |
| PROJETO  | MELHADO, 1994         | [...] o projeto deve ser encarado como informação, a qual pode ser de natureza tecnológica (como no caso de indicações de detalhes construtivos ou locação de equipamentos) ou de cunho puramente gerencial - sendo útil ao planejamento e programação das atividades de execução, ou que a ela dão suporte (como no caso de suprimentos e contratações de serviços), sendo assim de importância crucial. (p.75)         |
|          | FABRICIO, 2002        | [...] projeto é resultado de várias interações sociais e se define não só pela atuação individual de cada projetista, mas também pelas influências mútuas com os clientes, usuários e demais projetistas participantes. (p.116)                                                                                                                                                                                          |
|          | COSME, 2008           | [...], quando falamos a palavra 'projeto', podemos estar nos referindo tanto a uma ideia ou desejo, como ao processo e a série de operações necessárias para defini-los e transformá-los em realidade, ou ao conjunto de documentos que lhes permitam ser transmitidos e materializados. Todos esses significados são complementares e estão na base do conceito moderno de projeto. <sup>26</sup> (p.17 tradução nossa) |
|          | CAU/BR, 2012          | Projeto – criação do espírito, documentada através de representação gráfica ou escrita de modo a permitir sua materialização, podendo referir-se a uma obra ou instalação, a ser realizada através de princípios técnicos e científicos, visando à consecução de um objetivo ou meta e adequando-se aos recursos disponíveis e às alternativas que conduzem à viabilidade de sua execução.                               |
|          | PMBOK, 2017           | Projeto - Um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único. (p.720)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Tabela 10 Entendimento dos termos, Processo e Projeto

Fonte: Produzido pelo autor

A partir dessas definições, pode-se resumir o processo de projeto na construção civil, segundo Piñon (2006), onde se tem sucessivas fases, que a

<sup>25</sup> El proceso de realización del proyecto es complejo e incluye actividades de muy variado género [...]. (COSME, 2008 p.20)

<sup>26</sup> [...], cuando pronunciamos la palabra 'proyecto' nos podemos estar refiriendo tanto a una idea o um deseo, como al proceso y a la serie de operaciones necesarias para definirlos y convertirlos en realidad, o al conjunto de documentos que permitirá transmitirlos y materializarlos. Todas estas acepciones son complementarias y están en la base del concepto moderno de proyecto. (COSME, 2008 p.17)

passagem de uma para a seguinte depende de uma aprovação, quer seja de cunho estético ou em detrimento a requisitos técnicos e normativos. Tal raciocínio contribui para a percepção da atual forma de projetar que se consolidou gradativamente ao longo dos anos e considerando a NBR 13531, pode-se confirmar que a elaboração tradicional da arquitetura se traduz em etapas bem definidas e sequenciais, onde, essa rotina corrobora para a representação antecipada, em forma de tabelas e desenhos do resultado final.

Nesse contexto, Liu et. al. (2011), pondera que as etapas surgem como medida de formalização da evolução do projeto e devido a natureza do processo elas podem limitar prazos e alguns aspectos de integração. Assim, entende-se que a “[...] gestão bem-sucedida de um processo de projeto está na forma como as etapas são planejadas, executadas e controladas.” (Liu et. al., 2011 p.66)

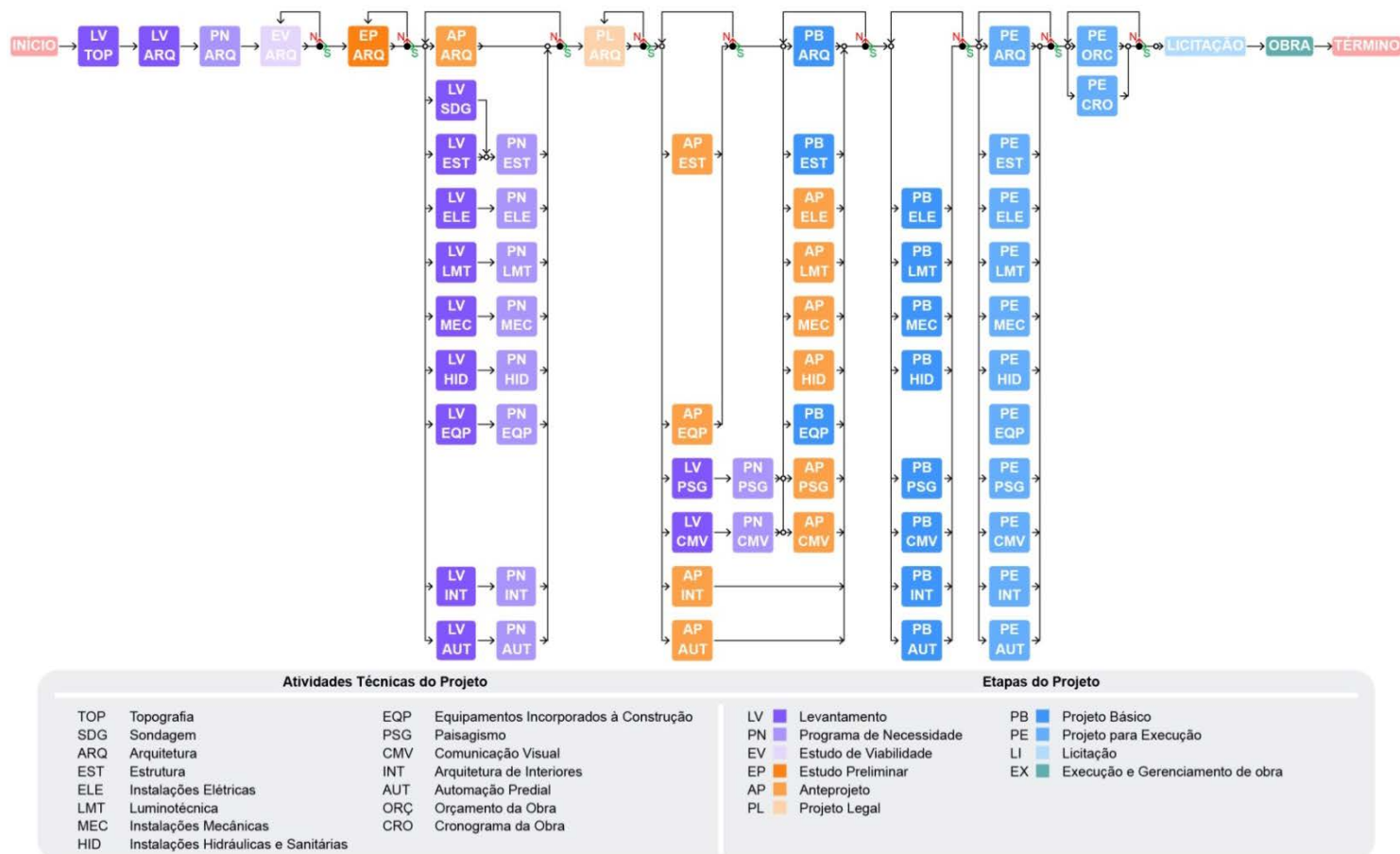


**Figura 3.1-1 Fluxograma para Projeto de Edificação**  
 Fonte: adaptado de NBR 13531/1995

Se considerar o processo de projeto somente como a elaboração da representação gráfica, essa metodologia se caracteriza como um caminho comum a ser percorrido pelos projetistas em um arranjo tradicional de equipe. Sendo que nesse contexto, segundo Cosme (2008), todos os envolvidos devem estar munidos de objetivos concretos e ideias claras, para elaborar boas propostas e bons projetos, do qual o edifício será copiado.

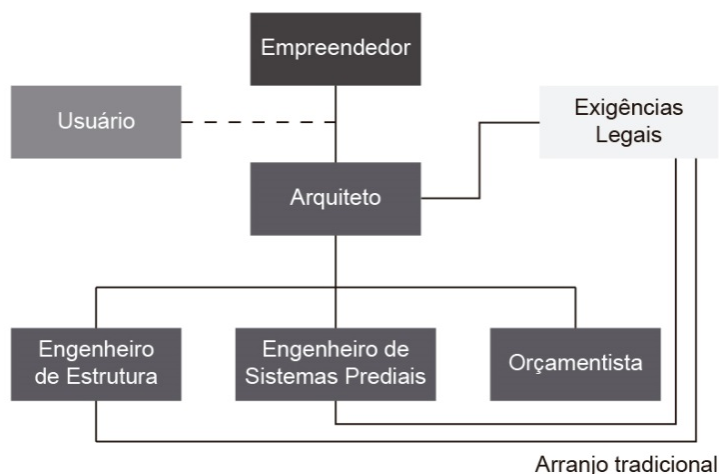


**Figura 3.1-2 Arranjo tradicional de equipe de projeto**  
 Fonte: adaptado de Melhado (1994)

Por outro lado, ao considerar a visão contemporânea apresentada por Melhado (2001) e outros autores, o processo de projeto reflete a necessidade do mercado e a constante evolução da indústria da construção, transcendendo o projeto para além do produto e se caracterizando mais como um processo, onde o objetivo, dentre outros, é reduzir custos, aumentar a competitividade e atingir eficiência na construção e no uso. Do ponto de vista operacional o projeto apresenta a capacidade de antecipar e solucionar pontos conflituosos que surgem com a implementação de inovações, na execução da obra e na ocupação e manutenção da edificação.

Nesse contexto, Cosme (2008), apresenta um processo de projeto complexo onde o seu desenvolvimento não segue uma regra comum entre os projetistas e se caracteriza como um intercâmbio de informações entre as fases, com objetivo de pensar, representar, executar e gerir o idealizado. Assim, o projeto não se limita apenas ao desenho e tabelas, mas apresenta várias etapas e diversas atividades que corroboram para a boa prática profissional, dentro do ciclo de vida da construção.

Para um melhor entendimento será adotado como modelo, o processo de projeto apresentado pelo Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de projetos<sup>27</sup>, onde existem seis fases, iniciando na concepção e desenvolvimento da arquitetura, percorrendo até a execução, ocupação e manutenção da mesma. A partir de então, é possível compreender e vislumbrar o processo de projeto pretendido pela tecnologia BIM, que, se configura em um contínuo desenvolvimento, fomentado pelo intercâmbio de informações entre as diversas fases do processo e entre os diferentes agentes envolvidos.



**Tabela 11 As seis fases do processo de projeto**  
Fonte: adaptada de AGESC, 2012

<sup>27</sup> Manual elaborado pela Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto, AGESC no ano de 2012 sob a coordenação geral do Sindicato da Habitação, SECOVI/SP.

| FASES DO PROJETO DE EDIFICAÇÃO |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FASES / ETAPAS                 |                                                                    | OBJETIVOS GERAIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>A</b>                       | <b>LEVANTAMENTO DE DADOS</b><br>(conforme NBR 13.531)              | Etapa destinada à coleta das informações de referência que representem as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto. (Topografia, Pré-existência, Geologia, Hidrologia, Clima, Legislação, Demografia e outros dados).                                                                                                            |
|                                | <b>PROGRAMA DE NECESSIDADE</b><br>(conforme NBR 13.531)            | Etapa destinada à determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidade e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida.                                                                                                                                                                                |
|                                | <b>ESTUDO DE VIABILIDADE</b><br>(conforme NBR 13.531)              | Etapa destinada à elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para concepção da edificação e seus elementos, instalações e componentes.                                                                                                                                                                                          |
| <b>B</b>                       | <b>ESTUDO PRELIMINAR</b><br>(conforme NBR 13.531)                  | Etapa destinada à concepção e à representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas.                                                                                                                                                           |
|                                | <b>ANTEPROJETO</b><br>(conforme NBR 13.531)                        | Etapa destinada à concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra implicados.                |
|                                | <b>PROJETO LEGAL</b><br>(conforme NBR 13.531)                      | Etapa destinada à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção da edificação e de seus elementos e instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual, federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção. |
| <b>C</b>                       | <b>PROJETO BÁSICO / PRÉ-EXECUTIVO</b><br>(conforme NBR 13.531)     | Etapa opcional destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes.            |
| <b>D</b>                       | <b>PROJETO EXECUTIVO</b><br>(conforme NBR 13.531)                  | Etapa destinada à concepção e à representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes. Divido em 2 etapas, Projeto Executivo e Detalhamento.                                     |
| <b>E</b>                       | <b>EXECUÇÃO E GERENCIAMENTO DE OBRA</b><br>(conforme AGESC, 2010)  | Etapa destinada a garantir a plena compreensão e utilização das informações de projeto (desenho, tabelas e etc.), bem como sua aplicação correta nos trabalhos de campo.                                                                                                                                                                                            |
| <b>F</b>                       | <b>OCUPAÇÃO E OPERAÇÃO DA EDIFICAÇÃO</b><br>(conforme AGESC, 2010) | Etapa destinada a analisar e avaliar o comportamento da edificação em uso para verificar e reafirmar se os condicionantes e pressupostos de projeto foram adequados e se eventuais alterações, realizadas em obra, estão compatíveis com as expectativas do empreendedor e de ocupação dos usuários.                                                                |

**Tabela 12 Fases do Processo de Projeto da Edificação**  
**Fonte: adaptado de AGESC (2012), NBR 13531/1995**

A partir desse modelo, cabe salientar que, segundo a ASBEG (2012), é importante já nas etapas iniciais da Fase B, todos os projetistas e consultores estarem envolvidos (contratados) no processo, para que assim ocorram as necessárias trocas de informações e soluções ao longo do desenvolvimento do projeto.

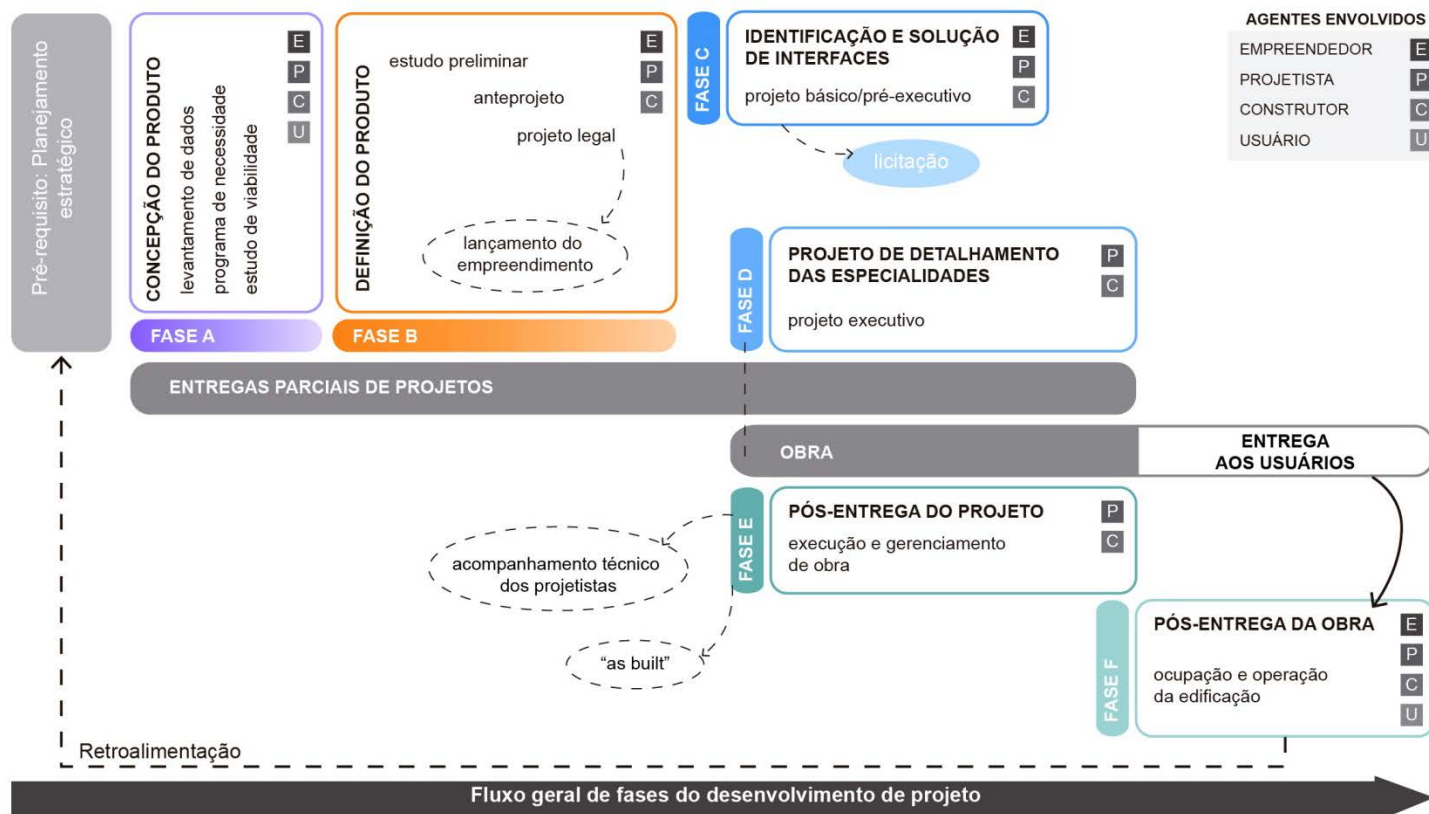


**Figura 3.1-3 Fluxograma do Projeto de Edificação**

Fonte: figura adaptada de Fabrício (2002), desenvolvida a partir de AGESC (2012)

Dentro desse arranjo apresentado, pode-se entender melhor o raciocínio de Cosme (2008) onde, a não linearidade contribui para um processo de projeto dinâmico, com inúmeras variáveis e impasses que cada vez mais propicia à integração e *feedback* de projetos, com diálogos entre os diversos interlocutores nas diferentes fases e etapas. Assim, Lawson (2011), traz o entendimento de que o processo de projeto é menos linear do que as maiorias dos mapeamentos indicam e bem mais controvertido e complexo do que simplesmente pensar e desenhar.

Nesse contexto, a existência de um problema de projeto à ser resolvido dentro das atuais mudanças tecnológicas, sociais e culturais, faz com que o processo necessite, segundo Lawson (2011), de rápidas transformações, haja visto

que o mercado exige cada vez mais atualizações e integração entre os envolvidos, afim de minimizar erros e falhas durante o ciclo de vida da edificação. Essa complexidade em construir e gerar respostas para a atual sociedade, segundo Voordt (2013) faz com que o projeto cada vez mais deixe de ser uma tarefa individual e se torna coletiva, envolvendo como principais atores, segundo Melhado (1994), o empreendedor, o projetista, o construtor e o usuário.



**Figura 3.1-4 Os quartos agentes participantes de um empreendimento**  
Fonte: adaptado de Melhado (1994)

Melhado (1994) explica que esses quatro principais agentes contribuem diretamente para o bem comum do projeto, mesmo que motivados por interesses próprios e com contribuições particulares, cada envolvido apresenta ponderações positivas em distintas fases do desenvolvimento, construção e ocupação do edifício. Assim, esse processo acaba sendo realizado por especialistas e usuários, que interagem e corroboram entre si e entre as tarefas de incorporar, projetar, construir, ocupar e gerir a edificação.

Uma das principais características dos projetos contemporâneos de edifícios é que a complexidade crescente dos empreendimentos exige a montagem de equipes de projeto maiores e a mobilização de conhecimentos mais especializados, caracterizando um processo multidisciplinar em que nenhum profissional isoladamente detenha os conhecimentos e qualificações necessários para exercer um controle total sobre a totalidade do processo de projeto. (FABRÍCIO, 2002 p.152)

A partir de então, é possível vislumbrar um processo de projeto participativo, que busca um melhor diálogo entre quem idealiza, projeta, executa e ocupa. Essa integração, segundo Andrade, et. al. (2011), pode acontecer independente da ferramenta digital, mas cada vez mais, o processo integrado de projeto colabora para o fortalecimento do uso da tecnologia BIM, que tem o intuito de amenizar, com maior eficiência, os anseios contemporâneos, através do rápido intercâmbio de

informações, das rápidas inserções de lições aprendidas e um controle/gerenciamento maior dentro do ciclo de vida da edificação.

### **3.2 PROCESSO INTEGRADO DE PROJETO DA EDIFICAÇÃO**

O tradicional processo de projeto exhibe uma habitual lacuna entre quem projeta e quem executa, segundo Melhado et. al. (2005), essa forma sequencial e não integrada, reflete na qualidade do produto e condiciona a independência entre a concepção e a fabricação, que muitas das vezes ocorre pela ausência de uma coordenação eficiente nas atividades de desenvolvimento do projeto, construção e ocupação.

De fato, cada vez mais o edifício se apresenta como uma estrutura complexa que, “evolva múltiplas dimensões e saberes na busca de soluções comerciais, empresariais, financeiras, formais, espaciais, técnicas e construtivas.” (FABRICIO, 2002 p.126) Essa complexidade da edificação, segundo Manzione (2013), exige um processo de projeto e gerenciamento da construção, com equipes multidisciplinares e variadas, podendo ser uma associação temporária entre diferentes profissionais com distintas habilidades, que estruturam um trabalho com informações heterógenas, afim de, considerar um extenso ciclo de vida com diversos impactos no empreendimento, no meio ambiente natural e construído.

Em geral, prevalecem na AEC a cultura e mentalidade de “silos de conhecimento”, e as trocas baseadas apenas em documentos entre os profissionais e a cadeia produtiva se dão de forma descoordenada e com baixa inteligência. As decisões são frequentemente tomadas de maneira autônomas e sem participação multidisciplinar, e com a ausência de uma acurada compreensão holística.<sup>28</sup> (MANZIONE, 2013 p.9)

Contrapondo à prática comum existente no processo de projeto da indústria da construção civil, Fabricio (2002) apresenta a “Engenharia Simultânea” ou “Projeto Simultâneo”, que há muito tempo existe em outros setores da indústria manufatureira, onde primam pela qualidade do produto através da integração entre o executor e o projetista. Dessa forma, dentro da AECO essa metodologia simultânea adquiriu o papel de uma nova forma de organização e gerenciamento do processo de concepção e desenvolvimento de novos produtos.

---

<sup>28</sup> O autor utiliza a sigla AEC para designar Arquitetura, Engenharia e Construção.

Engenharia Simultânea é uma aplicação sistemática de integração do desenvolvimento do produto, incluindo manufatura e manutenção. Sua intenção é integrar o desenvolvimento, desde o princípio, de todos os elementos do ciclo de vida de um produto. (CARTER; BAKER, 1992 apud FABRICIO, 2002 p.157)

De fato, para Melhado (2001), esse sistema favorece a multidisciplinaridade e fomenta a comunicação entre vários colaboradores desde as etapas iniciais do processo de projeto até a produção, uso e manutenção do produto. Assim, esse conceito aproxima o projetista do executor, resgatando o entendimento do processo como um todo. A Engenharia Simultânea possibilita o cruzamento de informações, fazendo com que os engenheiros e arquitetos aprendam e contribuam juntamente com a produção, tornando uma metodologia recíproca de interação, sendo assim, esse mecanismo potencializa a cooperação e a comunicação entre quem idealiza com quem produz.

| As principais características da Engenharia Simultânea                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Os principais objetivos e benefícios da Engenharia Simultânea                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ênfase no momento da concepção do produto e valorização do projeto;</li> <li>• Realização em paralelo de várias atividades de desenvolvimento de produto (desenvolvimento conjunto de projetos e da produção);</li> <li>• Formação de equipes de projeto multidisciplinares e coordenadas;</li> <li>• Utilização da informática e das novas tecnologias de telecomunicação no desenvolvimento do projeto;</li> <li>• Orientação para a satisfação dos clientes e usuários para o ciclo de vida de produtos e serviços.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do tempo de projeto;</li> <li>• Introdução de inovações;</li> <li>• Ampliação da qualidade ao longo da vida útil de produtos e serviços;</li> <li>• Ampliação da manufaturabilidade dos projetos e aumento de eficiência dos processos produtivos de bens e serviços.</li> </ul> |

**Tabela 13 Características, Princípios e Benefícios da Engenharia Simultânea.**  
**Fonte: adaptado de Fabrício (2002)**

Essa metodologia de processo de projeto favorece o estreitamento da relação entre o projetista e o executor, que segundo Melhado (1994), ocorre por meio de uma “nova” organização de trabalho, onde existe um responsável pelas equipes, o coordenador, esse profissional tende a apresentar uma visão holística e transitar entre todos os participantes a fim de melhorar a comunicação e auxiliar as tomadas

de decisões em áreas distintas ao longo do desenvolvimento do projeto. Tal modelo organizacional proporciona a democratização do processo decisório e incrementa o caráter multidisciplinar nas soluções do projeto que acontecem em paralelo e não de forma sequencial.

O paradigma contemporâneo de desenvolvimento integrado de produto ou projeto simultâneo [...] enfatiza a realização precoce e concomitante de todas as especialidades de projeto. Nesse contexto, as decisões de projeto devem ser tomadas multidisciplinarmente e são orientadas pela busca de soluções globalmente boas, mesmo que não isoladamente ótimas. (MELHADO et. al. 2005 p. 71)

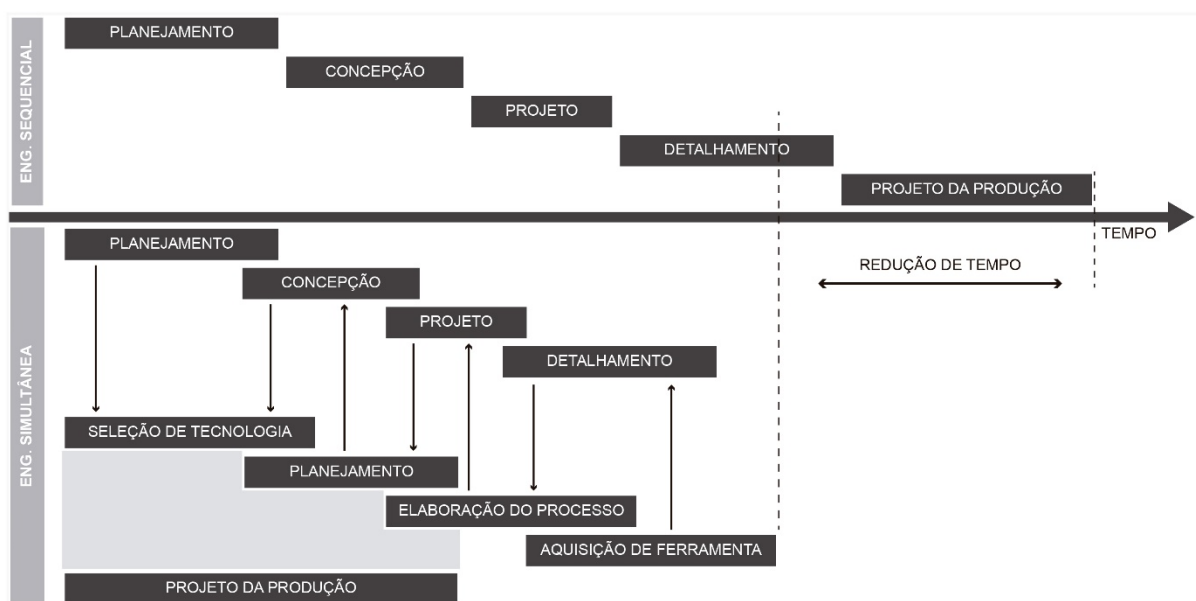


**Figura 3.2-1 Engenharia Sequencial X Engenharia Simultânea**  
 Fonte: adaptado de Fabrício (2002)

Dentro desse contexto e alinhado ao processo evolutivo da construção civil, Fabrício (2002), identifica que o surgimento de novas técnicas construtivas e possibilidades tecnológicas de funcionamento da edificação, inserem ao desenvolvimento do projeto, profissionais de diversas especialidades que junto à coordenação fortalece o caráter coletivo e contempla diferentes soluções projetivas para tratar várias questões que tange ao ciclo de vida do edifício.

Assim, Liu et. al. (2011) salienta ser fundamental a existência do coordenador de projeto, para que a administração seja bem-sucedida, mediante ao planejamento, execução e controle das etapas que envolvem o projeto, a construção e manutenção. Como característica desse arranjo multidisciplinar, Liu (2011) acrescenta que o coordenador deve apresentar conhecimentos técnicos e

habilidades de gestão e liderança entre as diferentes especialidades das equipes, uma vez que no processo encontram-se diversos agentes como, empreendedores, arquitetos e projetistas, construtores, usuários, administradores prediais, órgãos governamentais e outros.

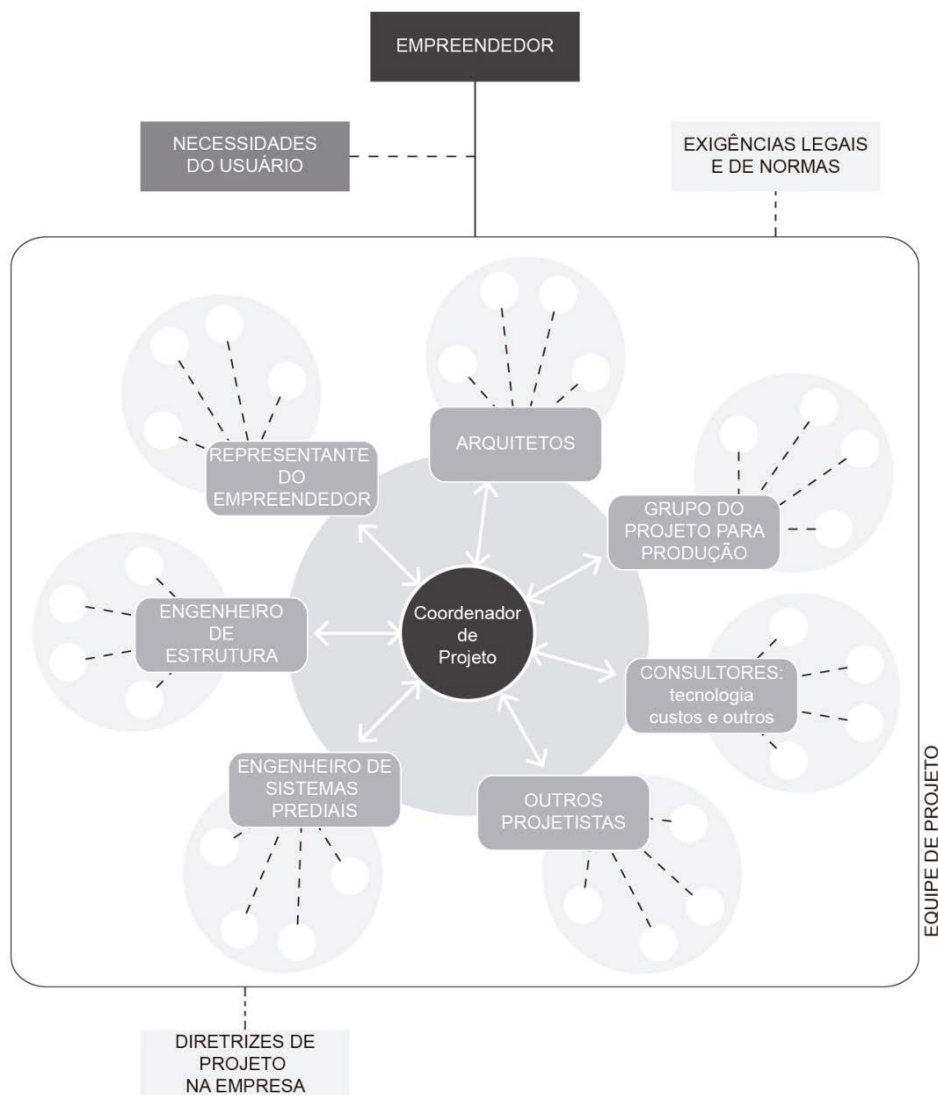


**Figura 3.2-2 Equipe multidisciplinar de projeto**  
**Fonte: adaptado de Melhado et. al. (2005)**

Nesse tipo de arranjo, onde há a participação de vários agentes envolvidos no processo de projeto percebe-se que as metas, os prazos e qualidade são tão importantes ou mais que a beleza e eficiência arquitetônica. Dessa forma, Voordt (2013) apresenta um coordenador de projeto com poucas pretensões artísticas, priorizando e assegurando que a edificação fique pronta conforme a estimativa de tempo e orçamento.

Dentro desse processo de projeto integrado, Nóbrega Junior (2012), explica que existem duas grandes áreas, a primeira, a gestão da coordenação, voltada para o planejamento e controle do projeto, sendo uma macro-organização no que envolve o produto, o prazo e os objetivos estabelecidos. Já a segunda, e também área de interesse da pesquisa, a coordenação técnica, ligada mais ao processo projetivo, realizando tarefas de reunião, compatibilização de projeto, soluções técnicas construtivas, entre outras atividades.

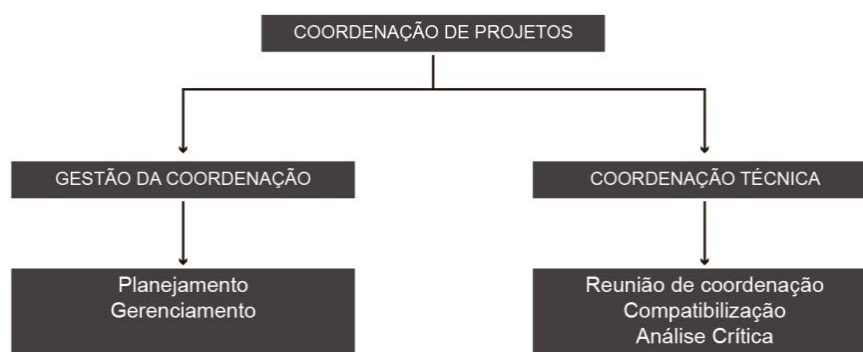


**Figura 3.2-3 Coordenação de projeto.**  
**Fonte: adaptado de Nóbrega Junior (2012)**

A partir de então, Liu (2011) considera que a gestão da macro-organização, atribui ao coordenador o papel de administrar e controlar a adequação dos prazos, dos custos e validação das etapas de desenvolvimento. Nesse sentido, Melhado et. al. (2005), explica que a gestão se caracteriza como um conjunto de atividades coordenadas para dirigir e controlar o processo, iniciando com o planejamento do todo, definindo o escopo<sup>29</sup> segundo especialidades e finalizando com o planejamento dos recursos, das etapas e dos prazos a serem estabelecidos em cronogramas.

[...] gestão do processo de projeto, [...], envolve um conjunto de ações relacionadas com o planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto, assim como atividades de natureza estratégicas (estudos de demanda, prospecção de terrenos, captação de investimentos, definição das características do edifício) e táticas, tais como a seleção e contratação dos membros da equipe de projeto, com a finalidade de garantir a qualidade (eficiência e eficácia) do produto-serviço oferecido (o projeto). (MELHADO et. al., 2005 p. 27)

<sup>29</sup> Escopo do projeto. O trabalho que deve ser realizado para entregar um produto, serviço ou resultado com as características e funções especificadas. (PMBOK, 2017, p.708).

Sobre a coordenação técnica, Liu (2011) explica que essa área, tem o papel de facilitar a comunicação e gerenciamento das disciplinas, garantindo a compatibilidade e integração das soluções de projeto, para resultar em uma boa operação/manutenção da construção. A coordenação técnica possibilita a aproximação entre a arquitetura e os demais projetos, adquirindo assim, característica e aprimoramento construtivo que reforçam a importância do processo simultâneo para a boa execução da obra.

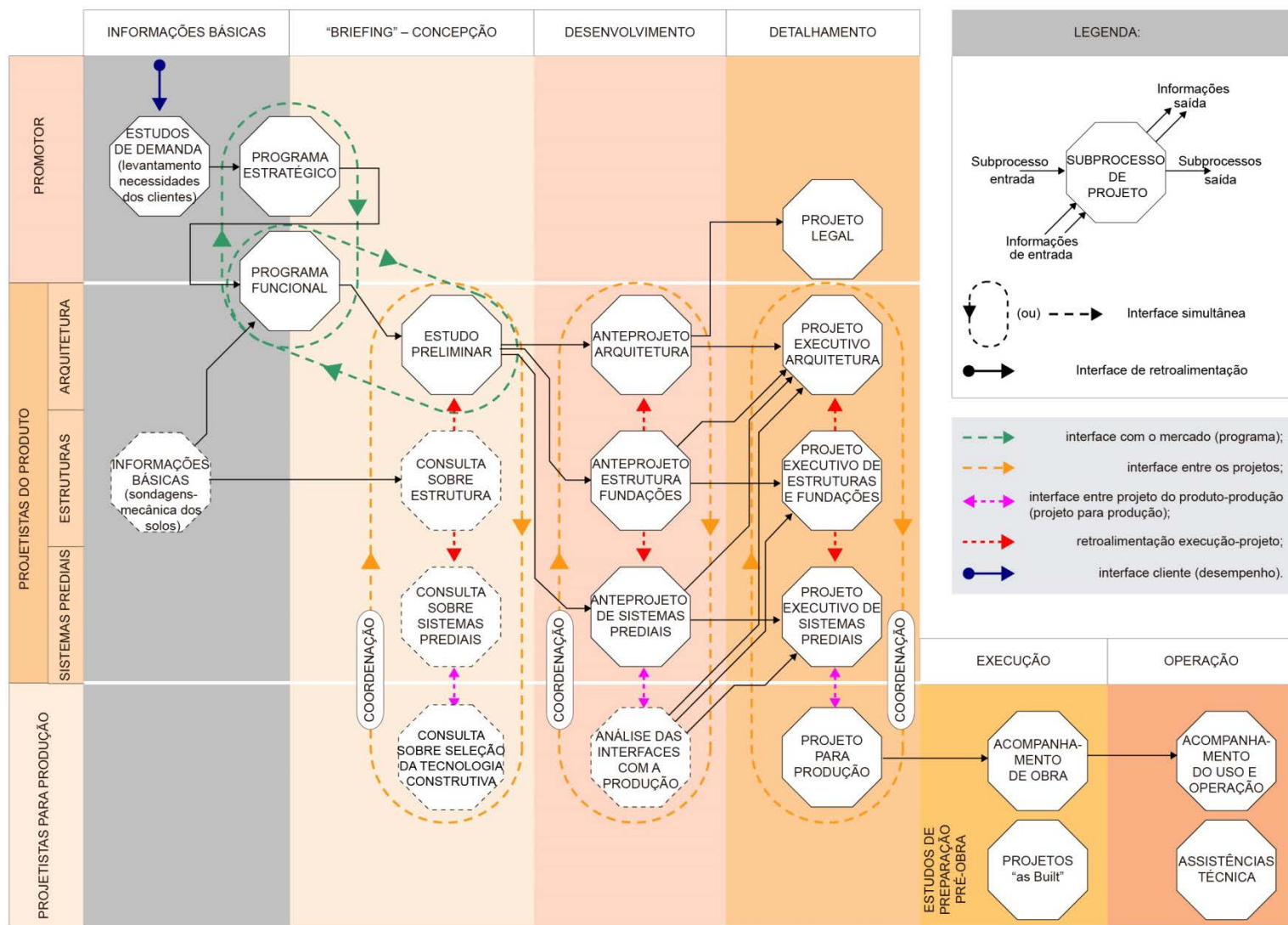
Vale ressaltar que dentro desse contexto tem-se, segundo Melhado et. al. (2005), a coordenação de projeto que se relaciona com a interação entre diversos profissionais envolvidos no empreendimento, com a necessidade de comunicar e trocar informações para fundamentar soluções projetivas e de logísticas, mesmo que através de discrepâncias de ideias entre os agentes envolvidos. Já a compatibilização seria a busca de divergências onde, Melhado et. al (2005) explica que acontece a partir de diferentes especialidades de projeto superpostos afim de verificar interferências e caso seja evidenciado alguma, o coordenador e as equipes podem, a partir do compartilhamento de experiências, encontrar as melhores soluções visando o bom funcionamento do edifício.

[...] compatibilização de projetos diz respeito à atividade que torna os projetos compatíveis, ou seja, que proporciona soluções integradas entre as diversas áreas para tornar factível um determinado empreendimento. (CAMPOS, 2011 p.59)

A necessidade da compatibilização, segundo Costa (2013), surge da prática comum de isolamento dos profissionais dentro do processo sequencial de etapas, onde diferentes especialidades acabam por não atender a visão macro do projeto, gerando um produto que não dialoga entre si e reflete na incompatibilidade durante a execução da obra. Assim, entende-se que a compatibilização dentro da engenharia simultânea possibilita resolver o problema de fragmentação do projeto, através do processo dinâmico e cíclico que acontece em todas as fases de desenvolvimento da edificação.

A partir de então, Fabricio (2002) aponta para a importância da coordenação de uma equipe multidisciplinar integrada, pois essa configuração fortalece o papel do projeto e corrobora para bons resultados de compatibilização e eficiência projetiva, mitigando erros e problemas que podem vir a existir. Melhado (2005) complementa

que essa filosofia de processo simultâneo, possibilita a interação das equipes de execução da obra, de manutenção, com a de projeto ainda na fase de concepção, agregando nas etapas iniciais experiências e conhecimentos específicos.



A partir desse modelo genérico de organização, percebe-se que a compatibilização das disciplinas juntamente com a construção é contínua e reforça o compartilhamento de informações desde o início do projeto, gerando um processo coordenado e com pretensões a uma visão holística. Segundo Fabrício (2002) esse modelo pode diminuir as incompatibilidades projetivas e reduzir a passagem de problemas mal resolvidos de uma etapa para outra, o que acarreta em retrabalho e fortalece o ditado, “resolve na obra”.

A caracterização da produção conjuntamente com o desenvolvimento do produto tem como uma de suas funções permitir uma melhor tradução das características e especificações do produto em procedimentos e sequências de produção, minimizando a possibilidade de execução inadequada ou incompleta dessas especificações. (MELHADO et. al., 2005 p.51)

De certa forma, o processo simultâneo torna-se o desafio contemporâneo de concepção do edifício, onde segundo Fabrício (2002), cada vez mais, a construção civil necessita integrar as etapas iniciais do projeto aos múltiplos aspectos do ciclo de vida da edificação, para que assim o coordenador juntamente com os projetistas possam enfrentar os problemas e confrontar diferentes propostas e interesses com o objetivo de atingir soluções coletivas aceitáveis.

### **3.3 PROCESSO DE PROJETO BIM**

Como já mencionado, a integração da metodologia projetiva acontece independente da ferramenta digital, mas atualmente é comum a busca por softwares que contribuem para um bom desempenho do processo de projeto. Assim, os instrumentos computacionais têm adquirido relevância no avanço da comunicação e nas trocas de dados entre os participantes, além de facilitar a compatibilização e coordenação das disciplinas, da obra e da manutenção da edificação.

A partir desse contexto e referenciando-se na metodologia da Engenharia Simultânea, nota-se que cada vez mais a indústria da AECO necessita adaptar sua cultura de projeto às novas tecnologias computacionais, a fim de melhorar a integração das fases e dos agentes envolvidos ao longo do desenvolvimento do edifício, dessa forma, a tecnologia BIM se configura como uma alternativa para reforçar a filosofia do processo não linear e do trabalho multidisciplinar integrado. Nesse contexto, ao considerar o aprimoramento dos instrumentos de trabalho, Catelani (2016), explicita em forma de diagrama a evolução do processo projetivo e a ferramenta digital, refletindo sobre a representação manual até o presente momento com o aperfeiçoamento dos instrumentos e uso do BIM.

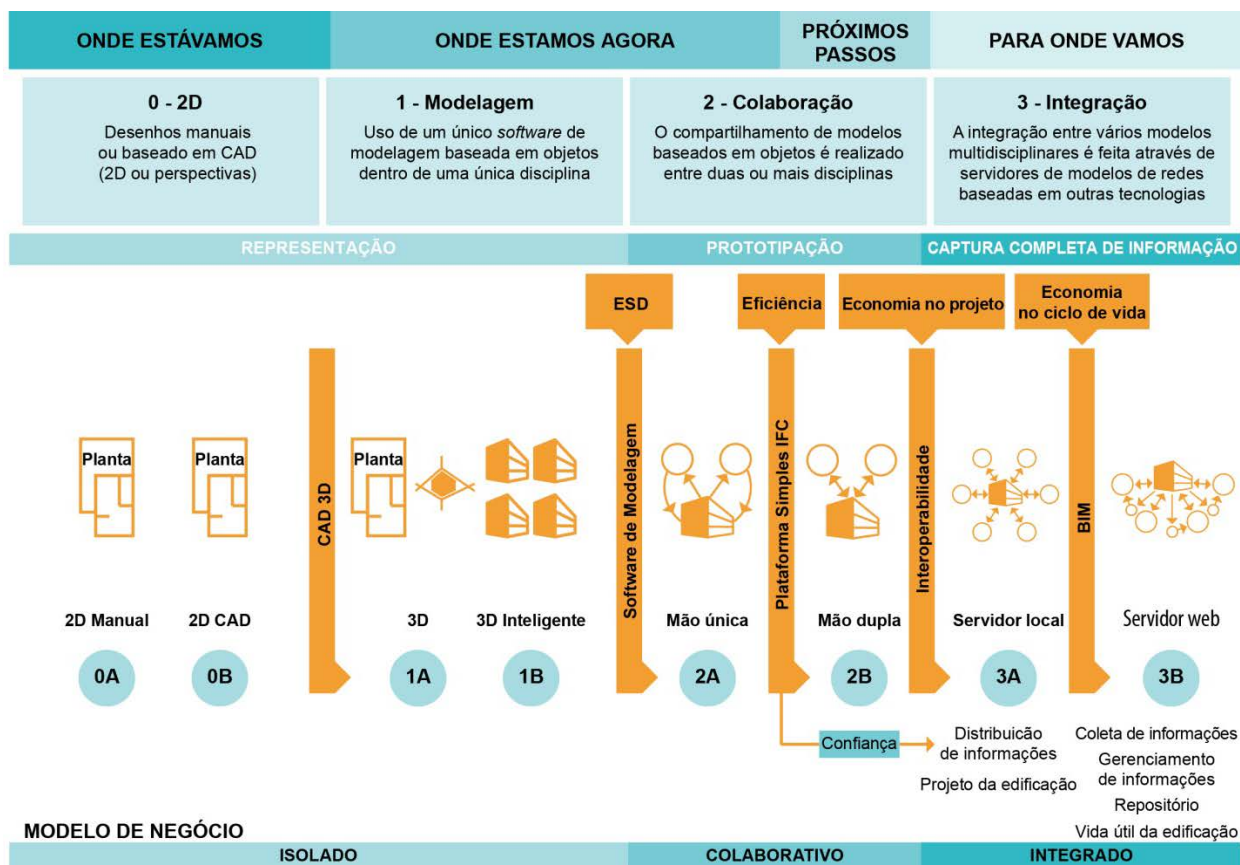


Figura 3.3-1 Identificação das diferentes fases de maturidade do desenvolvimento de projetos  
 Fonte: Catelani (2016)

A partir dessa análise, Catelani (2016) explica que o grau de maturidade da construção civil se encontra no estágio 2 da tabela, sendo esse momento que a simulação e o compartilhamento de modelos virtuais adquirem importância na dinâmica do trabalho colaborativo. Assim, dentro do processo os instrumentos computacionais acabam por atribuir maior destaque à prototipagem 3D do que à representação 2D, uma vez que estimulam os ensaios e testes para medir o desempenho da edificação e de suas partes.

Sob essa perspectiva e com base em Melhado (2001), entende-se que as evoluções da tecnologia juntamente com o BIM, podem atribuir uma melhor qualidade ao projeto e ao produto, em razão das exigências e mudanças cada vez mais significativas para o alcance de uma eficiente prática simultânea. Nesse sentido, o processo integrado de projeto surge da necessidade de aprimorar o desenvolvimento da produção e não por conta das novas ferramentas.

Por tanto, na visão de Eastman, et. al. (2014) o BIM contribui positivamente para as etapas do ciclo de vida da construção, por possibilitar a elaboração de um

modelo computacional de forma colaborada, por profissionais da engenharia, construção e arquitetura, que por sua vez, propõem e visualizam soluções e detalhes construtivos que podem evitar erros e desperdícios durante a execução e manutenção da edificação. Para corroborar com essa ideia, Catelani (2016) traz a visão cíclica e bidirecional do processo BIM, onde comparada ao modelo tradicional, possibilita que a comunicação e a integração do projeto sejam alimentadas por diversos profissionais de diferentes disciplinas.

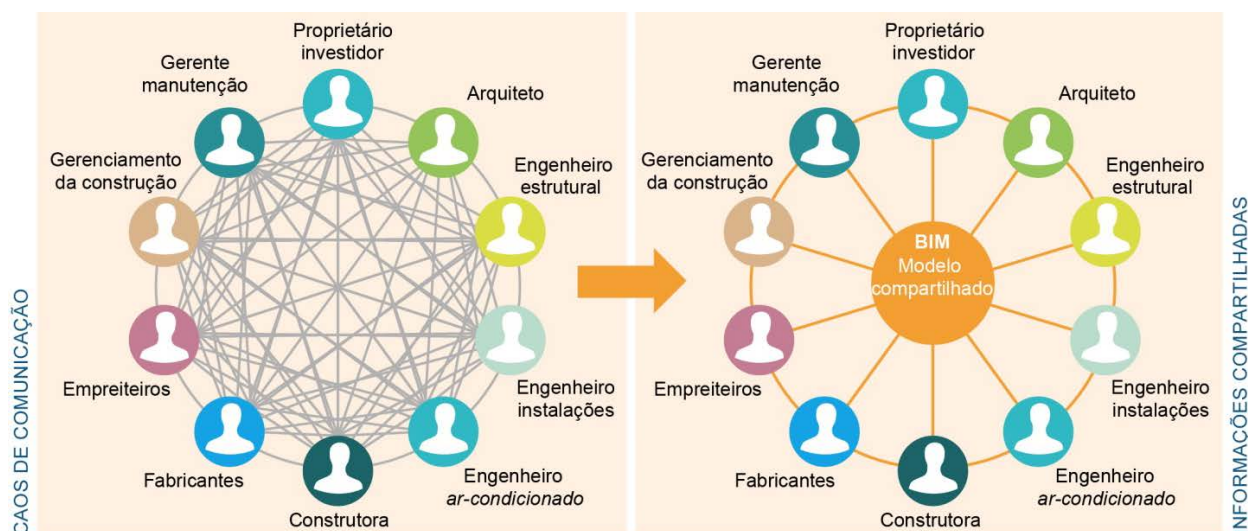


**Figura 3.3-2 Modelo de projeto integrado BIM**  
Fonte: Catelani (2016)

Dessa forma, Manzione (2013) explica que dentro do processo BIM é possível destacar quatro fases da construção, que de forma resumida consiste na concepção do produto, desenvolvimento do projeto, construção/execução e manutenção/operação. Em detrimento desses estágios de progresso, buscou-se elaborar uma tabela que relacione o processo de projeto em BIM com a NBR 13531, considerando os benefícios pertinentes da tecnologia nas fases e etapas.



**Figura 3.3-3 Bim e ciclo de vida do edifício**  
Fonte: Manzione (2013)

| FASES DO PROCESSO DE PROJETO DA EDIFICAÇÃO DENTRO DO PROCESSO BIM |                                                |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FASES BIM                                                         | FASES NBR                                      | ETAPAS                            | Benefícios BIM por FASE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| PRÉ-CONSTRUÇÃO / CONCEPÇÃO DO PROJETO                             | A – CONCEPÇÃO DO PRODUTO                       | LEVANTAMENTO DE DADOS             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos simulativos de conceitos, viabilidade e benefícios no projeto, aumento da qualidade e desempenho da construção.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                   |                                                | PROGRAMA DE NECESSIDADE           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                   |                                                | ESTUDO DE VIABILIDADE             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| PROJETO                                                           | B – DEFINIÇÃO DO PRODUTO                       | ESTUDO PRELIMINAR                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Visualização mais precisa e em estágios mais iniciais do projeto;</li> <li>Correções automáticas dos elementos no modelo juntamente com mudanças no projeto;</li> <li>Geração automática de desenhos 2D em qualquer estágio do projeto;</li> <li>Facilidade de colaboração em etapas iniciais do trabalho multidisciplinar;</li> <li>Facilidade de verificação das intenções de projeto referente a programa, normas e leis;</li> <li>Extração automática de quantitativos durante o processo de projeto;</li> <li>Melhorias no processo de análise energética e de sustentabilidade.</li> </ul> |
|                                                                   |                                                | ANTEPROJETO                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                   |                                                | PROJETO LEGAL                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                   | C – IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES      | PROJETO BÁSICO / PRÉ-EXECUTIVO    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| CONSTRUÇÃO E FABRICAÇÃO                                           | D – PROJETO DE DETALHAMENTO DAS ESPECIALIDADES | PROJETO EXECUTIVO                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sincronização do planejamento da obra com os projetos;</li> <li>Descoberta de interferências físicas entre elementos do edifício ou omissões antes da execução da obra;</li> <li>Rapidez no processo de mudanças do projeto; possibilidade de usar o modelo de projeto como base para a pré-fabricação;</li> <li>Melhor implementação da metodologia da construção enxuta;</li> <li>Sincronização das fases de aquisição, projeto e construção;</li> </ul>                                                                                                                                       |
|                                                                   | E – PÓS-ENTREGA DO PROJETO                     | EXECUÇÃO E GERENCIAMENTO DE OBRA  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| PÓS-CONSTRUÇÃO / OPERAÇÃO                                         | F – PÓS-ENTREGA DA OBRA                        | OCUPAÇÃO E OPERAÇÃO DA EDIFICAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> <li>Melhor gerenciamento da operação dos sistemas e ativos do edifício</li> <li>Integração com sistemas de modificações realizadas no edifício</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**Tabela 14 Fases do Processo de Projeto da Edificação dentro do processo BIM**  
**Fonte: Adaptado de NBR 13531/1995, AGESC (2012), Eastman et al. (2008) e Manzione (2013)**

A partir dessa estrutura, percebe-se que as fases do processo de projeto foram aglutinadas, mas, continuam com o mesmo princípio. Sendo assim, o uso do BIM pode acelerar o processo, às vezes de forma imatura, porém agrega benefícios aos estágios existentes na dinâmica da construção, uma vez que, a tecnologia computacional impulsiona as atividades integradas, reduzindo o retrabalho, aumentando a compreensão das interferências das demais disciplinas na obra e na manutenção da edificação.

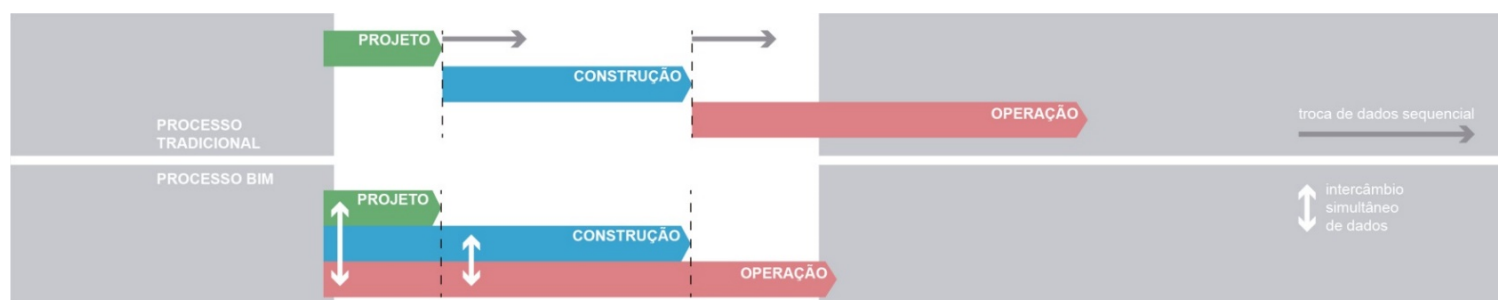


**Figura 3.3-4 Processo de projeto tradicional e BIM**  
 Fonte: adaptado de Manzione (2013)

Fazendo um paralelo entre o processo BIM e a engenharia simultânea, percebe-se que ambos promovem uma redistribuição dos esforços já nos momentos iniciais da construção, possibilitando o intercâmbio de conhecimento entre o executor e os projetistas. Nesse sentido Manzione (2013) explica, que por meio da tecnologia BIM é possível adquirir uma maior percepção e gerenciamento das partes e do todo, pois, simular digitalmente a construção, pode minimizar erros na execução e durante o funcionamento do edifício.

Graças à tecnologia envolvida na construção do modelo BIM, é possível o trabalho concorrente dos diversos agentes, o que na prática pode significar um grande impulso para o advento da Engenharia na AEC. (MANZIONE, 2013 p. 141)

Dentro desse entendimento, Manzione (2013) e Andrade et. al. (2011) concordam, que o BIM adquire a função de agente integrador na dinâmica do processo de desenvolvimento do edifício, evitando a tradicional fragmentação e desarticulação dos projetos e etapas. O uso dessa tecnologia pela indústria da AECO tende a evitar o isolamento dos projetistas, prevalecendo um pensamento holístico com a valorização do todo, ou seja, evita a criação em partes separadas e sem a presença de um coordenador.

Mesmo não sendo de caráter exclusivo da ferramenta digital, esse discurso favorece o entendimento de Succar (2009), que vê no uso do BIM, o desenvolvimento do projeto por meio de aproximações sucessivas, onde a participação e contribuição dos agentes envolvidos acontecem desde as fases iniciais, saindo do tradicional processo de projeto linear e sequenciado.

A partir desse contexto, Manzione (2013) apresenta uma estrutura conceitual para o processo BIM, onde a leitura sugere a reflexão da evolução das fases do ciclo de vida do edifício no empreendimento em relação aos estágios de evolução do processo de projeto juntamente com o nível de maturidade do modelo BIM (LOD). Tal arranjo explicita os momentos chaves de tomadas de decisão para o andamento do projeto, logo, corrobora para a compreensão do uso da tecnologia, sendo essa uma releitura em BIM do processo de projeto integrado e simultâneo dentro da construção civil.

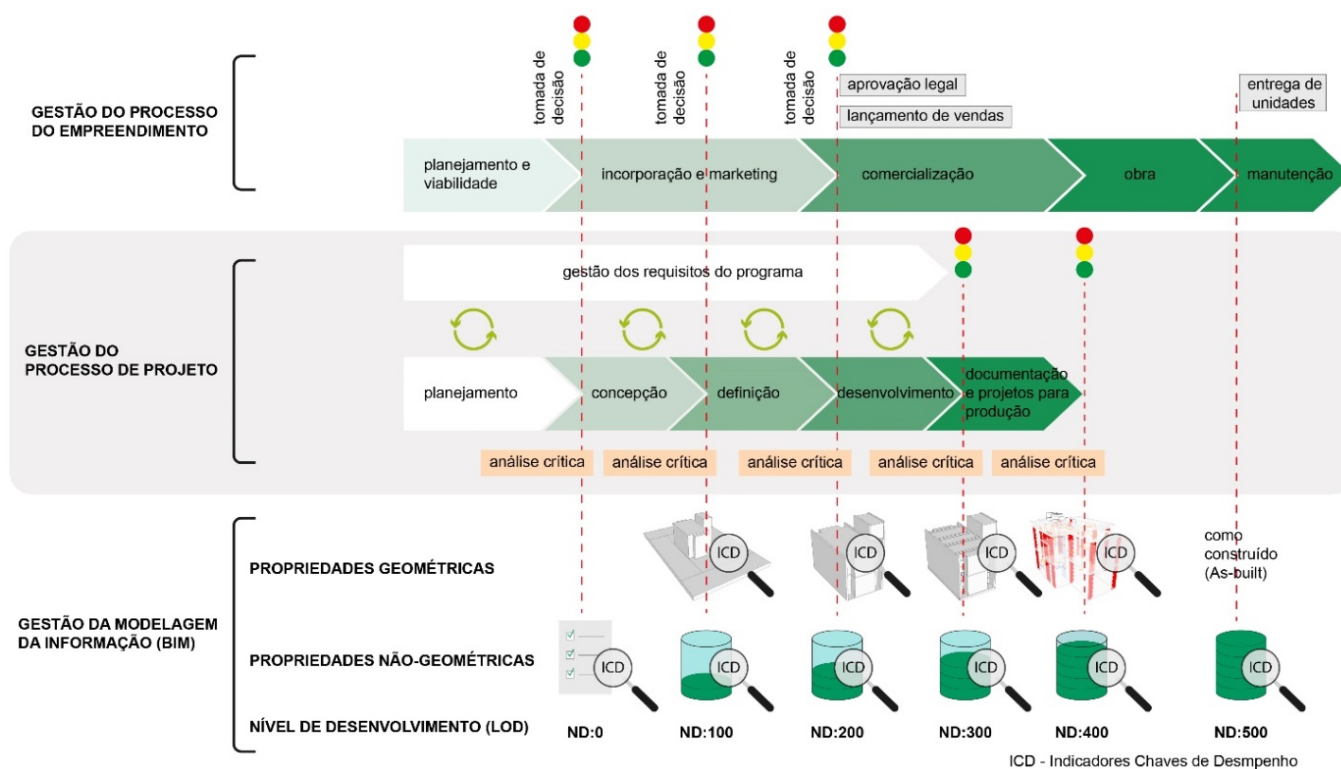


**Figura 3.3-5 Estrutura conceitual do Processo BIM**  
 Fonte: Adaptado de Manzione (2013)

A partir dessa estrutura, pode-se perceber uma relação direta entre o processo de projeto e o processo de modelagem, onde mais informações são agregadas ao modelo na medida em que ocorrem as mudanças de fases. Segundo Manzione (2013) ambos acontecem de maneira simultânea e interdependente, sendo essa, uma característica presente no projeto BIM não linear, cíclico e interativo. Assim, essa dinâmica de trabalho reforça a necessidade de um profissional, o coordenador, com visão holística e com um conhecimento em modelagem paramétrica, para melhor gerir a simulação da construção.

#### **a) COORDENAÇÃO TÉCNICA – BIM MANAGER**

Como já abordado ao longo do capítulo 3, as atividades colaborativa e simultânea inserem novas especialidade e novos agentes ao processo de projeto, sendo o coordenador técnico um deles. Segundo Fabricio (2007), esse profissional se apresenta como um intermediador das discussões, com competência técnicas, gerenciais e interpessoais a fim de viabilizar as soluções pretendidas pelos envolvidos. Nesse sentido, Melhado (1994) salienta ser importante que o coordenador possua uma experiência e vivência no campo de projeto e execução de obras, para assim, gerir de forma adequada e isenta os dados fornecidos por todos.

Portanto, se considerar os moldes do processo integrado, colaborativo e compartilhado, comum em BIM e na engenharia simultânea, onde a arquitetura se inicia junto aos demais projetos, é possível entender a partir de Voordt (2013) que essa dinâmica de trabalho é influenciada não só pelas decisões do arquiteto, mas sim, por diferentes disciplinas e agentes, que de modo geral contribuem e inserem soluções diretamente ligadas ao custo, viabilidade, intenção da edificação e outras propriedades a se explorar.

Nesse sentido, Fabricio (2007) entende que, a coordenação técnica de projeto pode ser exercida tanto pelo profissional da engenharia como da arquitetura, pois cada vez mais a gestão adquire maior força e relevância, dentro de uma construção complexa e que envolve profissionais multidisciplinares. Percebe-se assim que, a visão pessoal do arquiteto dá espaço à um ideal de construção coletiva que privilegia tanto a interatividade no processo de projeto como a qualidade do produto.

Vale salientar que dentro do contexto da tecnologia BIM, Manzione (2013) explica que o coordenador técnico também conhecido como *BIM Manager*, é o

responsável pela implementação da tecnologia BIM, gerenciamento e comunicação das equipes de projeto no desenvolvimento do modelo de informação da construção. Logo, esse profissional, de forma técnica e rigorosa, deve ter domínio da modelagem paramétrica para assim, sistematizar os dados e corrigir as interferências geradas ao longo do desenvolvimento do projeto e simulação virtual da construção.

Ao contextualizar o processo BIM dentro da realidade brasileira, Barison (2015) explica que existe um projetista responsável pela modelagem em cada escritório de projeto para adequar o modelo da disciplina aos padrões e diretrizes de componentes estabelecidos pelo coordenado de projeto (BIM Manager).

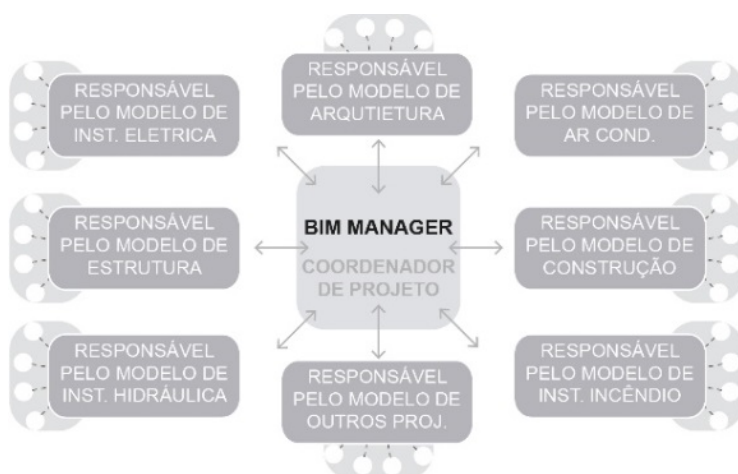


**Figura 3.3-6 Organização do fluxo de trabalho do processo BIM**  
Fonte: elaborado pelo autor

Sob essa perspectiva, a autora sugere um fluxo do processo BIM com uma divisão em oito etapas importantes na modelagem, indo da elaboração do modelo do projeto conceitual até coordenação e atualização do modelo construído.

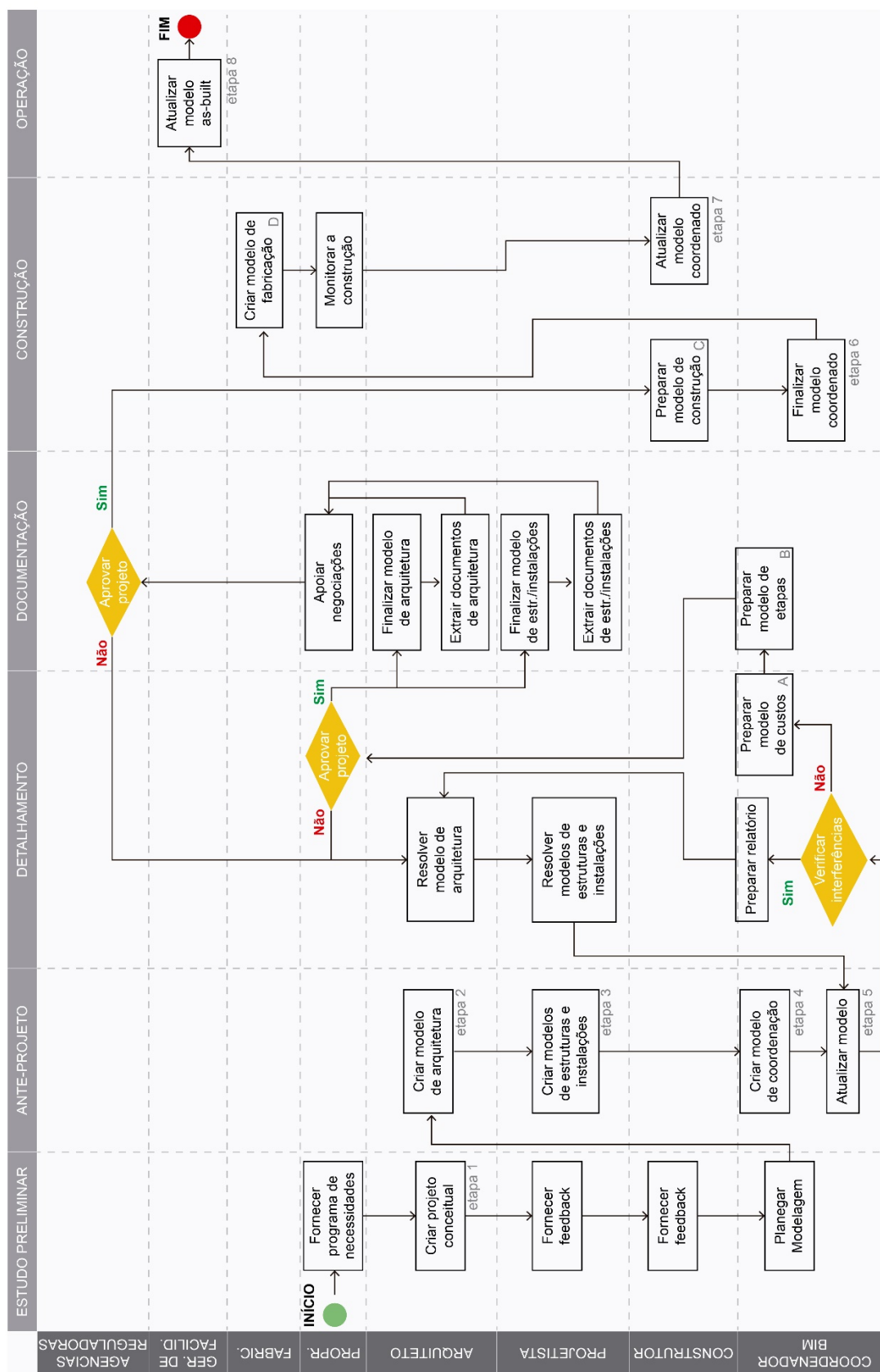


Figura 3.3-7 Fluxo do processo BIM com etapas de elaboração do modelo  
Fonte: Barison (2015)

A partir desse fluxo apresentado, Barison (2015) caracteriza as etapas de modelagem dentro das fases da seguinte forma:

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ESTUDO PRELIMINAR | 1- Nessa fase o arquiteto se baseia no programa de necessidades elaborado em comum com o proprietário e a partir dos feedbacks fornecido pelos projetistas e construtores, cria um modelo conceitual. Esse é estudado pelo Coordenador BIM, que identifica e cria uma biblioteca inicial de famílias como base para o desenvolvimento das demais disciplinas de projeto. A partir de então, os projetistas desenvolvem e criam famílias de componentes estruturados no modelo desenvolvida pelo Coordenador BIM.                                         |
| ANTEPROJETO       | 2- Nessa fase o arquiteto cria um modelo de arquitetura paramétrico dividido em famílias e componentes que melhor auxiliam o desenvolvimento das demais disciplinas. Dessa forma, a arquitetura cria dois modelos vinculados, sendo um, para edição e correção interna do arquiteto e outro para alimentação automática do modelo compartilhado, via servidor ou link. Assim, a correção é sempre feita no arquivo de edição que automaticamente atualiza o compartilhado.                                                                               |
|                   | 3- A partir do modelo de arquitetura os demais projetistas desenvolvem as suas disciplinas, sendo que o projeto de instalação se divide em três distintos modelos (elétrica, hidráulica e bombeiros), existe também outro modelo de climatização e um de exaustão. Já a estrutura importa os dados da arquitetura para aplicativos próprios de análise e cálculo estrutural e só posteriormente é exportado em IFC. Portanto cada disciplina desenvolve seu modelo separadamente, mas baseado no modelo compartilhado e integrado as demais disciplinas. |
|                   | 4- Após o desenvolvimento dos projetos, cada projetista compartilha o seu modelo com o Coordenador que, considerando o nível de desenvolvimento (LOD), revisa, refina e agrupa em um modelo de coordenação, que será inserido em uma plataforma de gestão de projeto.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| DETALHAMENTO      | 5- Nessa fase o modelo de coordenação é utilizado como base para a revisão e complemento dos modelos das disciplinas, os quais são devolvidos ao Coordenado BIM que novamente irá gerir e atualizar as informações. Assim, o modelo de coordenação é a base para a reunião de compatibilização e de interferências dos projetos, resultando em relatórios de responsabilidades e correções, para o arquiteto e os projetistas resolverem em seus modelos.                                                                                                |
| DOCUMENTAÇÃO      | Nessa fase o Coordenador BIM utiliza o modelo de coordenação para desenvolver os modelos (A) Custo e (B) Etapas da obra, logo, o proprietário participa na revisão e aprovação do projeto final. Após a finalização do custo e cronograma da construção, o arquiteto e os projetistas finalizam os seus modelos e extraem a documentação (desenho) necessária para aprovar nos órgãos competentes. Assim, o coordenador acompanha e comunica as exigências legais aos projetistas que revisam e atualizam o modelo de coordenação.                       |
| CONSTRUÇÃO        | 6- Nessa fase, o construtor gera o modelo de (C) Construção com base no modelo de coordenação. A partir de então o Coordenador envia a documentação e as especificações aos fornecedores e subempreiteiros que, se necessário, desenvolvem o modelo de (D) Fabricação, que será incorporado ao As-Built. Assim, o Coordenador gerencia o processo de licitação e compra e o proprietário monitora a construção e opina quanto às alterações da obra.                                                                                                     |
|                   | 7- O Coordenador do BIM junto com os projetistas, fornecedores e subempreiteiros preparam o modelo 'As-Built', de acordo com as mudanças ocorridas no projeto durante a construção.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| OPERAÇÃO          | 8- Na etapa de pós-construção, o Coordenador do modelo BIM interage com o proprietário e com o Gerente de operação, coordenando a troca de informações entre eles. O Gerente BIM de operação atualiza o modelo 'As-Built', de acordo com as operações de pós-construção.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

**Tabela 15 Fases do processo de projeto e o Fluxo BIM**  
**Fonte: Adaptado de Barison (2015)**

Conforme demonstrado na tabela, Barison (2015) explica que o coordenador exerce um papel importante na dinâmica de projeto, e o mesmo pode se beneficiar no uso da tecnologia, através da fácil integração das disciplinas e por meio da colaboração entre os profissionais, que visualizam antecipadamente as soluções projetivas, a partir de um modelo compartilhado.

Assim, a utilização do BIM é de grande valia para o coordenador pois, segundo Eastman et. al. (2014), a tecnologia fomenta a transferência de conhecimento já nas etapas iniciais através de um sistema integrado de projeção, onde o modelo gerado contém soluções e detalhes construtivos que, de forma eficiente, evitam os erros e desperdícios em obra. Portanto, essa dinâmica propicia a colaboração e elaboração cuidadosa de um modelo BIM, a ser utilizado em diversas etapas do projeto, da obra e da manutenção da construção.

Nesse contexto, essa ferramenta digital de trabalho possibilita o surgimento de um produto melhor que a simples soma das partes, reforçando a filosofia da engenharia simultânea através de um processo dinâmico e participativo, onde o coordenador de projeto considera as ponderações dos engenheiros, arquitetos, construtor, proprietário e usuários já nas etapas iniciais e ao longo das fases de projeto.

Tal metodologia de trabalho contrapõe ao tradicional processo de projeto da construção civil que segundo Andrade, et. al. (2011), costuma integrar as disciplinas somente após a concepção da arquitetura, surgindo assim contribuições e melhorias marginais para o desenvolvimento da edificação. Logo, essa prática do projeto independente da execução, interfere na qualidade do produto e desvaloriza o projeto, deixando de lado ricos detalhes tanto do ponto de vista técnico como arquitetônico.

O grande potencial do uso do BIM em projeto está na possibilidade de revigorar a prática contemporânea da arquitetura, pelo desenvolvimento e exploração do processo de projeto e de metodologias que voltem a priorizar formas de ver, pensar e criar durante o processo de projeto. (ANDRADE, et. al. 2011, p.436)

De certa forma o uso da tecnologia BIM alinhado à engenharia simultânea, pode resgatar o exercício do detalhe como atividade frequente no processo de elaboração da arquitetura, o que segundo Gregotti (2013) é importante, pois o

detalhe torna compreensível a lógica do projeto, além de possibilitar, mesmo que no espaço virtual, a conexão do arquiteto projetista com a obra.

Assim, segundo Andrade et. al. (2011) o edifício passa ser literalmente construído em um espaço virtual, gerando um modelo integrado em 3D contendo objetos parametrizados e compartilhados, expressando o real significado do espaço e forma pretendida pelos projetistas. Substituindo “a tradicional convenção abstrata usada na representação (planta, cortes e fachadas) por uma simulação, expressa no modelo de objeto inteligente, como saída antiabstração.” (p.437)

#### **b) INTEGRAÇÃO EM BIM – MODELO FEDERADO**

Dentro da engenharia o termo integração pode ser definido segundo Catelani (2016) como, um agrupamento de subsistemas componentes junto a um único conjunto, garantindo o funcionamento em unicidade do projeto. Logo, se considerar a integração em BIM, a partir de Eastman et. al. (2014) entende-se que o processo resulta em um repositório de modelo da construção, funcionando como um banco de dados compartilhado e baseado em objetos, diferenciando do tradicional gerenciamento em *web*, onde os projetistas hospedam arquivos CAD para que ocorra a coordenação e gerenciamento dos projetos.

Assim, o repositório de modelo da construção permite uma dinâmica do trabalho integrado onde todos os agentes envolvidos possam fazer consultas, transferências, atualizações e gerenciamento de objetos individuais e coletivos, através do modelo de compartilhamento, IFC. Como já abordado no capítulo 2, esse tipo de arquivo permite a comunicação entre os dados gerados em diferentes softwares, e segundo Eastman et. al. (2014) possibilita a coordenação técnica em BIM, através do suporte e interação do modelo, rastreando as modificações a nível do objeto parametrizado.

Dessa forma, o uso da tecnologia, possibilita o surgimento de um modelo federado que, segundo Manzione (2013), se caracteriza pela união de distintos modelos computacionais em um espaço virtual, mantendo a conexão com sua origem de dados (fonte geradora), a fim de permitir a fácil comunicação, atualização e análise do projeto de acordo com a necessidade e o nível de desenvolvimento exigido pelas etapas.

[...], embora existam diferentes maneiras de compartilhar e trocar dados e informações, dependendo da infraestrutura que seja implantada, a adoção BIM permite que se trabalhe com o chamado “modelo federado”. Isso já significa uma importante diferença quando se compara com as práticas anteriormente realizadas pela indústria e baseadas apenas em documentos. (CATELANI, v.3, 2016 p.21)

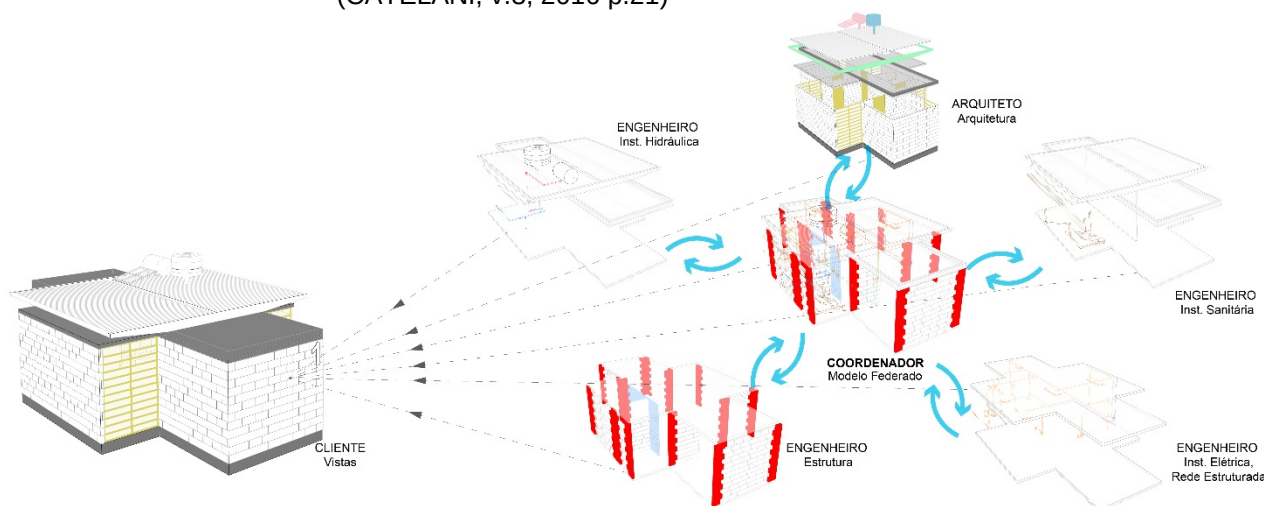


**Figura 3.3-8 Modelo de coordenação de projeto**  
**Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado a partir de Manzione (2013)**

Portanto, esse modo de trabalho, ilustra um modelo compartilhado em um ambiente adequado para a prática BIM, permitindo que o coordenador utilize os dados extraído dos projetos 3D, elaborados em diferentes disciplinas para, gerir, planejar e levantar quantitativos. Nesse sentido, Eastman et. al. (2014) pondera que, embora na atual conjuntura, o coordenador BIM ainda não tire todas as vantagens que o modelo de informação da construção suporta, ele permite um trabalho mais apurado e preciso com relação ao custo e o tempo, quando comparado com o tradicional processo de projeto. Assim, o modelo federado ou modelo de coordenação, torne-se uma rica base para todas as atividades da construção e permite maior precisão que os desenhos desenvolvido somente em 2D.

A fim de melhor explicar o desempenho ideal da prática integrada em BIM, Catelani (2016) apresenta um processo de projeto baseado em uma rede de computadores interligados a um servidor central, que permite rápidas trocas de informações e comunicação entre os pares, que podem trabalhar em distintos escritórios e lugares. Dessa forma, Manzione (2013) reforça o entendimento de Barison (2015), onde para acontecer essa experiência é necessário existir uma cópia do modelo de coordenação armazenado em um servidor local em cada escritório de projeto, obra e manutenção, que conforme a evolução do processo é

sincronizado ao servidor central, sendo esse um lugar comum a todos os agentes envolvidos.

Assim, a comunicação existente entre os agentes envolvidos, segundo Manzione (2013), pode acontecer por meio de uma rede de longa distância conectada à profissionais em distintos ambientes físicos, ou a partir de uma rede de curta distância com projetistas de todas as disciplinas trabalhando em um mesmo ambiente físico. Logo, a comunicação, o compartilhamento e armazenamento dos projetos 3D são oportunizados por um servidor, que facilita o coordenador gerenciar as trocas de dados entre os modelos multidisciplinares, tornando comum a análise da simulação da construção e o uso de softwares de coordenação.

Nesse ambiente virtual e interligado de trabalho é possível executar de forma rápida, a integração de modelos multidisciplinares, por meio de uma interação bidirecional de informações e de dados técnicos, favorecendo a análises, a detecção de interferências e o registro das modificações. Vale salientar que, segundo Manzione (2013) dentro do processo BIM cada profissional possui uma visão singular a respeito de algumas propriedades do modelo, logo, para o desenvolvimento do projeto cada um acaba por filtrar as informações pertinentes e “ignorar” as demais, ou seja, para o engenheiro de estrutura não é necessário saber a cor das paredes para efeito de cálculo.

Durante o processo de projeto, a informação é transformada em ciclos sucessivos de interações, em que os modelos individuais são mesclados, interferências detectadas, novas informações agregadas e novos problemas percebidos. (MANZIONE, 2013 p.111)

Portanto, Eastman et. al. (2014) assim como Barison (2015), entendem que no momento da integração a coordenação técnica exerce um papel importante e primoroso no desenvolvimento do modelo federado, garantindo que os projetos desenvolvidos de forma independente sejam revisados e analisados a fim de evitar a duplicidade de dados, facilitar o manuseio e compartilhamento de informações que podem dar suporte as diferentes áreas de conhecimento da construção e agregar benefícios às fases de projeto, construção e operação.

Nesse contexto Eastman et. al. (2014), explica que a tecnologia BIM oportuniza a simulação da construção em escala dentro de um ambiente virtual 3D, suscitando uma integração para além da compatibilização em desenho, ou seja,

adquire a percepção de um conjunto de informações e soluções projetivas geradas ao longo do ciclo de vida da edificação. Portanto, esse processo, proporciona aos profissionais visualizar o edifício na forma de maquete volumétrica, bem como validar e gerenciar o desenvolvimento construtivo e de fabricação.

### **c) DIMENSÕES BIM – SIMULAÇÃO DA CONSTRUÇÃO**

Segundo Eastman et. al. (2014), o uso da tecnologia BIM ainda se encontra distante do ideal de implantação e somente a elaboração do modelo 3D da arquitetura não é o suficiente para simular da construção, exigindo assim, que cada disciplina desenvolva o seu projeto em BIM, a fim de integralizar o modelo para a coordenação técnica.

Em alguns casos, Eastman et. al. (2014) explica que é comum a integração dos projetos em 3D somente para fins de representação visual, ou seja, a maioria dos modelos gerado não contém parâmetros ou relações entre os componentes, limitando o seu uso somente para a detecção visual de interferências projetuais, compatibilização. Assim, o modelo BIM deixa de cumprir o seu principal papel, que é de fornecer dados relevantes, gerar quantitativos, possibilitar a análise técnica dos projetos e gerenciar etapas de execução e de manutenção da edificação.

Em outros casos, construtores podem criar um modelo híbrido 3D/paramétrico que inclui alguns componentes BIM que permite alguma coordenação e levantamento de quantitativos. Quando os construtores realmente produzem um modelo completo, eles podem utiliza-lo para muitos propósitos. (Eastman, 2014 p. 211-212)

Nesse sentido, Eastman (2014), entende o BIM como uma simulação inteligente da construção, onde é possível existir um modelo digital integrado em 3D, com características mensuráveis (quantitativos e dimensões) e que abrange a intenção do projeto, o desempenho da edificação em meio à aspectos sequenciais e financeiros. Assim, o modelo de informação, permite a trocas de dados e acesso entre os agentes envolvidos a partir de uma comunicação em rede, o que oportuniza o conteúdo digital ser durável e realimentado ao longo do ciclo de vida do edifício.

Portanto, entende-se que o desenvolvimento do modelo BIM propicia compatibilizar e gerar relatórios mais próximos do desempenho real da edificação, além de gerar orçamentos e simular o tempo estimado de obra a partir de softwares específicos de análise. Campestrini (2015) salienta que, a coordenação técnica deve

preparar o modelo afim de atender aos diversos usos, para que assim, as informações de modelagem possam ser manipuladas em “n” dimensões do BIM.

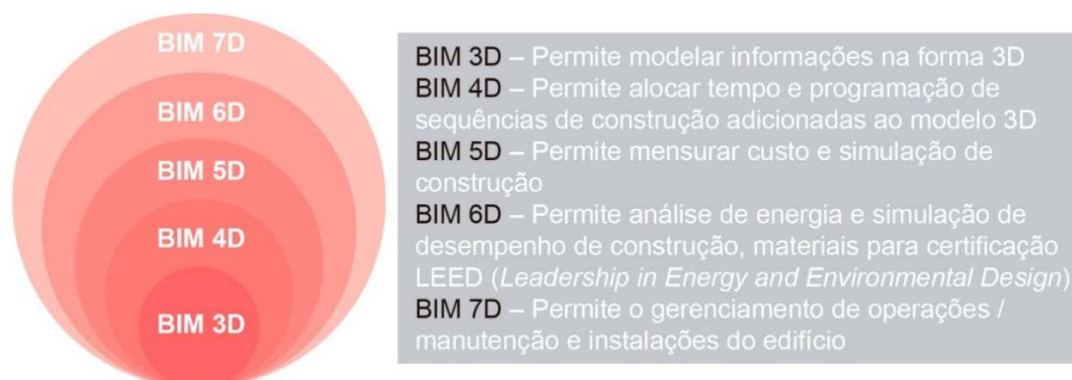


**Figura 3.3-9 Dimensões BIM**  
**Fonte: adaptado de MagiCAD**

Com o intuito de melhor entender sobre as atuais “n” dimensões BIM e os possíveis dados a serem adquirido em meio ao desenvolvimento do modelo, elaborou-se uma tabela explicativa que auxilia a compreensão a seguir.

|        | O QUE REPRESENTA                                                                                                                                                                                                      | O QUE É POSSÍVEL EXTRAIR                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BIM 3D | Um modelo de informações da construção com características espaciais e especificidade do projeto (pilares, vigas, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações etc.)                                                   | A partir de ferramentas específicas BIM é possível extrair informações sobre a compatibilização espacial do projeto, as especificações e quantitativos de materiais e acabamentos, detalhes construtivos, entre outros.                                                             |
| BIM 4D | Um modelo 3D programado para receber informações que se referem ao prazo (produtividade das equipes de produção, número de equipes e sequência construtiva).                                                          | A partir de ferramentas específicas BIM é possível retirar informações sobre o cronograma da obra, como, início e término de cada atividade, configurações espaciais a cada etapa da execução.                                                                                      |
| BIM 5D | Um modelo 3D+4D, programado para receber informações referente aos custos dos serviços (custo de materiais, mão de obra e equipamentos, despesas indiretas e bônus, etc.).                                            | A partir de ferramentas específicas BIM é possível apreender diversas informações, como o custo das atividades da obra e as curvas que auxiliam na administração de custos do empreendimento.                                                                                       |
| BIM 6D | Um modelo BIM programado para executar análises de eficiência energética e impactos ambientais dos empreendimentos. Permite a medição e verificação durante a construção e escolha de instalações de alto desempenho. | A partir de ferramentas específicas BIM o modelo pode expressar dados sobre a iluminação natural, ventilação, acústica e outros fatores que facilitam obtenção de certificados de eficiência energética, por exemplo, o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED).       |
| BIM 7D | Um modelo programado para informar os dados técnicos sobre o uso e manutenção da edificação (as-built, reforma, cadastro de materiais e etc.)                                                                         | A partir de ferramentas específicas BIM o modelo poderá ser usado para extrair informações de custos de operação e manutenção da edificação. Pode-se extrair relatório sobre a validade dos materiais, os ciclos de manutenção, o consumo de água e energia elétrica, entre outros. |

**Tabela 16 Dimensões BIM**  
**Fonte: adaptado de Campestrini (2015) e Ferreirinha (2017)**

A partir dessa perspectiva, percebe-se que as “n” dimensões permitem a simulação digital da construção e reforçam a importância do coordenador técnico e a integração dos agentes envolvidos no desenvolvimento do modelo BIM. Portanto, vale ressaltar que, segundo Campestrini (2015), além de iniciar a modelagem visando extrair as informações pertinentes, é necessário que a equipe de projetistas e construtores, colabore entre si, pois uma alteração no projeto pode implicar variação no prazo, no custo e na construção.

Com relação às dimensões de um modelo, essas se referem a como ele está programado e, conseqüentemente, aos tipos de informação que serão dele retiradas. Quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de informações possíveis de serem modeladas a partir deles, tornando as tomadas de decisão mais complexas e acertadas. (CAMPESTRINI, 2015 p. 31)

Nesse contexto, a coordenação técnica cumpre um papel importante dentro do processo de projeto e modelagem BIM, uma vez que, através da compatibilização e gerenciamento das informações, é possível reproduzir virtualmente o edifício a ser construído. E segundo Venâncio (2015), essa dinâmica de trabalho simulativo e integrado possibilita ao modelo aumentar a complexidade de informações conforme evolui de fase e etapa, de modo que, é possível distinguir as diferentes dimensões que o BIM adquire dentro do ciclo.



**Figura 3.3-10 Processo da construção digital em BIM**  
Fonte: adaptado de InsitecaBIM

Mesmo que o BIM viabilize um processo colaborativo e participativo, Manzione (2013) salienta que a responsabilidade individual de cada um dos agentes envolvidos na elaboração dos projetos deve ser preservada, atribuindo assim ao coordenador o papel de integrar as pessoas e compatibilizar as ideias e soluções projetuais aos modelos 3D. Logo, o arquiteto continua com a responsabilidade de elaborar uma primorosa arquitetura, em busca da boa estrutura, boa funcionalidade e bela, juntamente com as demais disciplinas.

Dessa forma, a compatibilização se configura como uma etapa importante para a simulação da construção, e Fabricio (2007) pondera que, esse momento só se efetiva a partir de decisões projetuais já estabelecidas, ou seja, na medida em que cada profissional concebe o projeto é possível checagem e verificação das coerências entre as soluções espaciais e construtivas entre as disciplinas.

A compatibilização também pode ser importante para validação de etapas de desenvolvimento de projeto, permitindo que os projetistas discutam a integração das soluções até determinado ponto de maturação do projeto, revejam incongruências e passem a uma nova fase de desenvolvimento, sem pendências de compatibilidade entre disciplinas. Assim, a compatibilização pode ser compreendida como uma das práticas que compõem a coordenação de projetos. (FABRICIO, 2007 p.36)

Nesse sentido, a compatibilização não é um fator limitante do projeto e sim um processo de conferência das possíveis interferências que podem vir a existir caso o projeto não seja integrado com o todo. A partir de Nóbrega Junior (2012), entende-se que tradicionalmente é comum a compatibilização acontecer de forma manual ou digital, quer seja por sobreposição de papel ou por sobreposição de camadas em desenho CAD.

Dentro da dinâmica digital, a tecnologia BIM surge como uma possibilidade de automatizar a conferência, a partir dos parâmetros existentes no modelo, onde segundo Manzione (2013), existe comandos de rápida identificação de divergência e interferências nos projetos e mecanismos de gestão de rotinas da construção e manutenção da edificação.

Assim, Andrade et. al. (2011) pondera que mediante o uso da tecnologia BIM, é possível agregar ao modelo, condicionantes de validação de etapas, através de análises automáticas com softwares que podem avaliar o projeto no quesito normativo, de desempenhos ambientais, conforto e consumo energético e outros. Sob essa perspectiva, é interessante elucidar alguns conceitos existentes no

processo de detecção de interferências (*clash detection*) no gerenciamento da construção em BIM. Segundo Manzione (2013) a compatibilização do modelo 3D pode ser dividida três categorias, interferência física forte, interferência física fraca e interferência com norma e regulamento.

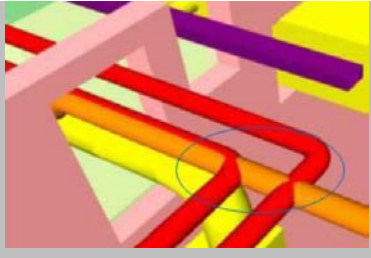
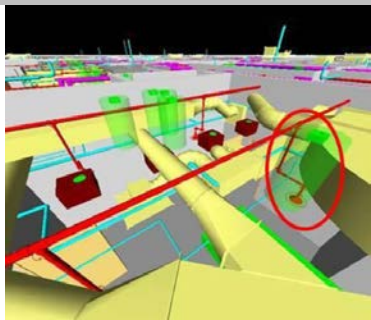
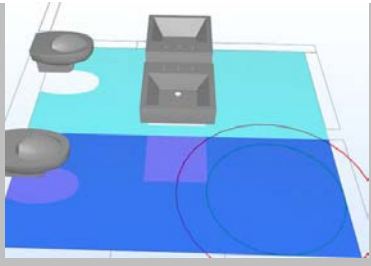
|                                      |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Interferência física forte           | Detecção automática de objetos e/ou componentes 3D que colidem de forma a inviabilizar a execução física.<br>Ex.: colisão entre tubulações e água e energia.                                                                        |    |
| Interferência física fraca           | Detecção automática de componentes 3D que obstruem ou interseccionam uma área, mas não impede a construtibilidade, porém pode afetar o movimento de objetos ou pessoas.<br>Ex.: Obstrução de alguma passagem por alguma instalação. |   |
| Interferência com norma regulamento. | Acontece quando os componentes 3D do infringe algum parâmetro legal (código de obra, bombeiros, etc.), configurado pelo coordenador.<br>Ex.: Não cumprimento de acessibilidade PCD.                                                 |  |

**Tabela 17 Tipos de interferências**  
Fonte: Adaptado de Manzione

A partir desse entendimento, Eastman (2014) salienta que o nível de desenvolvimento do BIM, (LOD), deve estar apropriado para análise de interferências, pois o modelo deve apresentar um nível suficiente de detalhes em tubulações, dutos, aços e etc., para que as interferências possam ser detectadas com precisão. O autor ainda explica que, se o detalhamento do modelo for impreciso, diversos problemas podem não ser identificados na fase projetos, sendo somente detectado na obra, quando os reparos são demorados e com custos elevados.

Ferramenta de CAD 4D permitem ao construtor simular e avaliar a sequência planejada para a construção e compartilhar tais informações com outros membros da equipe. Os objetos existentes no modelo devem ser agrupados de acordo com as

fases da construção e conectados às atividades apropriadas no cronograma do empreendimento. Por exemplo, se uma laje de concreto será concretada em três lançamentos, ela deve ser detalhada como três seções de forma que essa sequência de execução possa ser planejada e ilustrada. Isso se aplica a todos os objetos necessários para esses três lançamentos: concreto, aço, acessórios, etc.

Além disso, as áreas de escavação e estrutura temporárias como andaimes e áreas de estocagem devem ser incluídas no modelo. Esse é o principal motivo pela qual o conhecimento dos construtores é benéfico na definição de um modelo. Se o modelo é gerado pelo arquiteto ou pelo construtor enquanto o edifício ainda está sendo projetado, o construtor pode oferecer um rápido retorno sobre construtibilidade, sequenciamento de obras e custo estimado da construção. A integração antecipada dessas informações é de grande valia para o arquiteto e para o proprietário. (Eastman, 2014 p. 213)

Assim, conforme abordado ao longo do capítulo, a metodologia BIM pressupõe a existência de um sistema colaborativo, onde o projeto, obra e manutenção/gestão da edificação resultam em um modelo com informações registradas ao longo da construção, ou seja, rico em detalhes, compatibilizado com as disciplinas, gerando estimativas de custo, prazo e análises de funcionamento da edificação. Portanto, vale destacar que a participação dos agentes construtores, projetistas e coordenador são de suma importância para organizar todos os dados do projeto, nas diversas fases e etapas existentes no ciclo de vida da edificação.

## 4. ESTUDO DE CASO

[...] 'momento da verdade', ou seja, aquele em que todas as intenções grandiosas e ideias cuidadosas de projeto precisam ser postas em prática ao longo do complicado processo de transformar uma série de desenhos e um buraco no chão em um projeto acabado no qual as pessoas possam viver, trabalhar, estudar ou praticar esportes por décadas. (YUDELSON, 2013 p.234)

### 4.1 PANORAMA

O estudo de caso exemplifica de modo concreto a aplicação da teoria sobre a prática de projeto, respondendo aos questionamentos iniciais de como o BIM ajuda, influencia e contesta partes do processo de projeção do arquiteto. Assim, como metodologia para validação do sistema tradicional de projeto utilizado pelo escritório Espaço, foi realizado entrevistas e análises dos desenhos originais do IBDF, a fim de entender melhor a integração dos projetos. Esses dados apreendidos foram organizados em forma de gráficos e imagens, contribuindo para uma reflexão crítica a respeito do papel do arquiteto como coordenador técnico do projeto.

Em outro momento foi realizado uma modelagem BIM, utilizando os projetos originais do Edifício IBDF, o que possibilitou verificar as interferências existentes nos projetos. Assim, por não existir nenhuma metodologia científico para a análise do processo integrado de projeto em BIM, baseou-se na pesquisa de Costa (2013) que confrontou os modelos elaborados. Esse método de análise pode validar a pesquisa, demonstrar o potencial da tecnologia e demonstrar de forma simples o processo coordenado por arquiteto agora em BIM.

A ferramenta escolhida para o desenvolvimento 3D paramétrico foi o Revit® 2018, que segundo Costa (2013), é um dos softwares com características BIM mais utilizadas no atual mercado brasileiro, possui uma boa biblioteca de família de arquitetura e tutorias que auxiliam o desenvolvimento do projeto. Atualmente desenvolvido pela Autodesk, empresa tradicional entre os usuários da construção civil desde o AutoCAD®, o Revit® tem funções e comandos que permitem desenvolver o modelo de arquitetura, estrutura e instalações em uma mesma interface de trabalho, logo, permite uma boa operabilidade e manuseio dos projetos dentro da coordenação técnica almejada pela pesquisa.

No entendimento de Costa (2013), apesar do Revit® trabalhar segundo a norma americana de projeto, ele é uma ferramenta presente na rotina de alguns

escritórios de arquitetura, principalmente no momento da elaboração dos desenhos 2D e na visualização. Porém, o mesmo não acontece na dinâmica de trabalho dos profissionais de estrutura, elétrico e hidráulico, que além de desenhos e modelos 3D, os projetos complementares exigem cálculos e análises de funcionamento da edificação de acordo com as Normas Brasileira de Engenharia e Construção.

Assim, apesar de existirem famílias BIM de acordo com o padrão nacional da construção, como a do TigreCAD® e outros fabricantes, é compreensível a resistência dos profissionais de engenharia que já adaptados a softwares adequados as normas nacionais. Nesse contexto, conforme abordado no capítulo 2, caso os projetos sejam desenvolvidos em diferentes aplicativos, é possível através do arquivo em IFC, compartilhar os modelos gerados entres os softwares sem a perda de informações fundamentais para o processo de coordenação técnica.

Por se tratar de um processo individual de redesenho dos projetos desenvolvidos na prancheta e por distintos projetistas, o estudo de caso permite a experiência de um novo olhar e reflexão sobre o projeto do IBDF e o seu processo integrado, agora utilizando o Revit® como ferramenta de desenho e coordenação técnica. Dessa forma, a partir da perspectiva do arquiteto o modelo BIM resultante, surge das diferentes disciplinas que oportunizaram uma análise da simulação e coordenação virtual da construção juntamente com o levantamento fotográficos de sua respectiva execução *in loco*.

Para melhor reproduzir a rotina esperada em processo BIM, onde cada projetista fica responsável por desenvolver o seu modelo de informação da construção, as disciplinas foram desenvolvidas de forma independente, gerando arquivos distintos que no momento da coordenação técnica foram vinculados em um arquivo geral. Para fim de entendimento e melhor adequação ao prazo de desenvolvimento do trabalho, modelou somente os projetos de arquitetura, estrutura, elétrica e hidrossanitário do edifício, disponibilizado pelo escritório estudado. Tais disciplinas já agregam informações e dados relevantes para o exercício de coordenação técnica dos projetos e simulação virtual da construção.

## 4.2O ESCRITÓRIO E O EDIFÍCIO

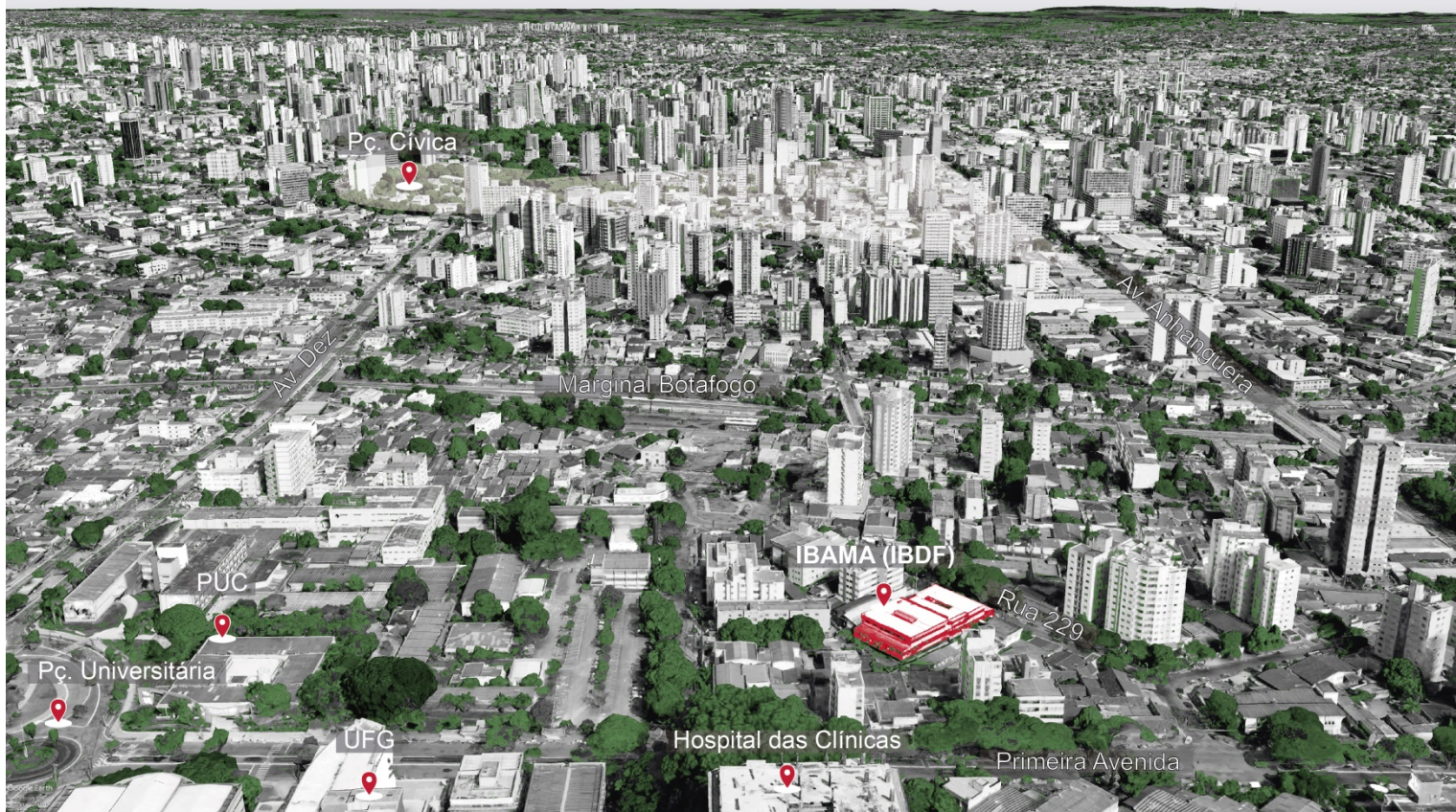


**Figura 4.2-1 Situação do edifício IBDF atual IBAMA na cidade de Goiânia-GO**  
 Fonte: imagem extraída do Google Earth e editada pelo autor.

Segundo Silva (2016) o edifício foi inaugurado em 06 de fevereiro de 1979, na Rua 229, quadra 56, lote 7 e 9 no Setor Universitário na cidade de Goiânia-GO. Construído pela Provalle, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF, atualmente conhecido como Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA, é projeto do escritório Espaço – Equipe de Planejamento, Arquitetura e Consultoria Ltda., que na época era formado pelos Sócios e Arquitetos Eduardo Simões Barbosa e Fernando Carlos Rabelo, ambos egressos da Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, de Belo Horizonte. Responsável pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico, contratação e coordenação das demais disciplinas, o escritório Espaço desenvolveu o projeto, passando por todas as etapas até chegar num rico caderno de detalhamento executivo para a obra, fruto de seu processo de projeto integrado e experiência em construção.

## **O Escritório**

O escritório Espaço se destaca pelo relevante papel desempenhado dentro da arquitetura e construção, projetando importantes edifícios que atualmente compõem a paisagem edificada de Goiânia e região. Em Silva (2016), é possível conhecer e ter um melhor panorama sobre o escritório e suas realizações, como por exemplo, o edifício Parthenon Center de comércio, serviço e garagem vertical, da década de 1970, idealizado para abrigar múltiplos usos. O projeto expressa um domínio no uso de materiais e tecnologias construtivas aplicadas a um desenho harmonioso com solução interessante de fluxos e rampas de acesso ao bloco de garagem.

Nesse contexto, o escritório tem como princípio a elaboração de projetos tecnicamente bem resolvidos, fruto de um processo de coordenação das disciplinas envolvidas, experiências e vivência na prática do seu projeto e construção. Atualmente formada pelos Arquitetos Fernando Carlos Rabelo e Frederico André Rabelo, a Espaço utiliza o AutoCAD® como ferramenta de projeto e mantém as mesmas características anteriores ao computador, que muito se assemelha ao processo simultâneo apresentado por Fabricio (2002), onde a obra se relaciona com o projeto, gerando uma discussão rica e integrada nas soluções propostas em papel.

Assim, apesar da importância de todos profissionais de engenharia envolvidos no desenvolvimento das soluções projetivas, vale salientar que o intuito da pesquisa é entender o processo integrado na visão do projetista de arquitetura. Dessa forma, as discussões se atem a narrativa do escritório Espaço, representado pelo Arquiteto Fernando Carlos Rabelo, grande entusiasta e incentivador da atuação do arquiteto nas obras que cria.

Sempre disposto a ensinar e a contribuir com pesquisas acadêmicas, Fernando Rabelo, nasceu em 1945 na cidade de Ipameri, se graduou em Arquitetura no ano de 1968, pela Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG. Ainda hoje é atuante no urbanismo, na arquitetura e na construção pelo escritório Espaço e ministra aulas no curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-GO desde 1969. Portanto, nesses 50 anos de profissão e magistério, o arquiteto, acompanhou e observou muitas mudanças no campo de atuação do profissional, acumulando conhecimento e experiências que podem contribuir para o aperfeiçoamento e entendimento do processo integrado de projeto agora em BIM.

## O Edifício

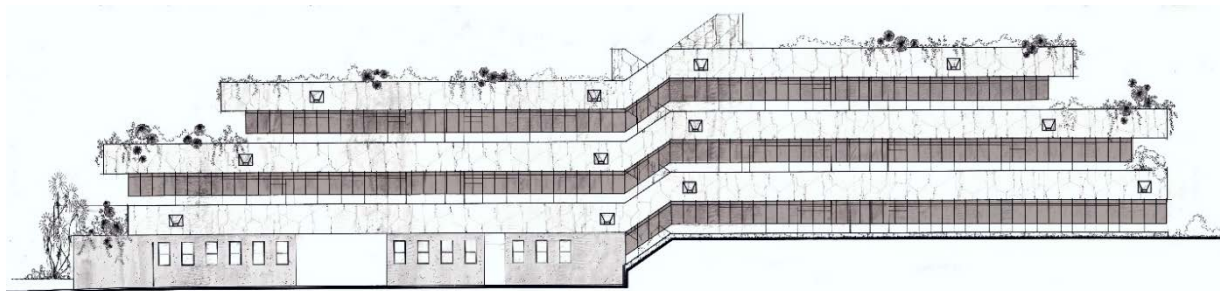


**Figura 4.2-2 Fachada Sudoeste**  
**Fonte: Adaptada do acervo do escritório Espaço**

O edifício sede do antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF (ca. 1976) foi produto de um concurso fechado, vencido pelo escritório Espaço – Equipe de Planejamento, Arquitetura e Consultoria Ltda., onde trabalhavam, em sociedade, Eduardo Simões Barbosa e Fernando Carlos Rabelo. O edifício destaca-se no contexto de produção arquitetônica local por apresentar uma linguagem já madura, derivada de determinados procedimentos de projeto desenvolvidos ao longo desses anos e que sintetizam parte de um ‘fazer’ encontrado em vários outros edifícios institucionais construídos na cidade. (SILVA, 2016 p.123)

O IBDF é um edifício público de caráter institucional da década de 1970, foi licitado na modalidade de um concurso de anteprojeto de arquitetura. Isso permitiu que o escritório contratado coordenasse e desenvolvesse todos os projetos de forma integrada. Portanto, a construção serve de parâmetro não só pelo processo integrado, mas como exemplo para modalidade de licitações, onde, é comum se deparar com uma prática inadequada de contratar a obra sem existir ao menos um projeto básico de arquitetura ou a prestação de serviço onde primeiro resolve a arquitetura para depois pensar nos complementares.

| DADOS TÉCNICOS            |                                                                                                                                            |                                                                                                                           |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área do terreno           |                                                                                                                                            | 1.848,57 m <sup>2</sup>                                                                                                   |
| Área de ocupação          |                                                                                                                                            | 1.083,36 m <sup>2</sup>                                                                                                   |
| Área construída           |                                                                                                                                            | 3045,36 m <sup>2</sup>                                                                                                    |
|                           | Subsolo                                                                                                                                    | Área construída – 1137,84 m <sup>2</sup>                                                                                  |
|                           | Térreo                                                                                                                                     | Área construída – 1083,36 m <sup>2</sup>                                                                                  |
|                           | 2º pavimento                                                                                                                               | Área construída – 824,16 m <sup>2</sup>                                                                                   |
| PROJETO / OBRA            | ANO                                                                                                                                        | EMPRESA/RESPONSÁVEL                                                                                                       |
| Arquitetônico             | Início 1976                                                                                                                                | Espaço – Equipe de Planejamento, Arquitetura e Consultoria.<br>Arq. Eduardo Simões Barbosa<br>Arq. Fernando Carlos Rabelo |
| Elétrico, Som, Telefônico | 1976                                                                                                                                       | ENGESP – Eng. Eletricista Roberto Craveiro Curado                                                                         |
| Hidrossanitário           | 1976                                                                                                                                       | ENGESP – Eng. Civil Vanderley de Oliveira Melo                                                                            |
| Estrutura e Fundação      | 1976                                                                                                                                       | Structura S.A Consultoria de Engenharia – Eng. Civil Heloisa                                                              |
| Execução                  | 1977-1979                                                                                                                                  | Provalle – Eng. Civil Elmar Santana                                                                                       |
| Tecnologia construtiva:   | Estrutura Concreto Armado, Laje Nervurada, Pilar Cruciforme, Cobertura Verde / Terraço Jardim, Núcleos Hidráulicos e Divisórias flexíveis. |                                                                                                                           |

| PROGRAMA DE NECESSIDADES       |                       |                                     |           |                |                               |            |      |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------|----------------|-------------------------------|------------|------|
| AMBIENTE                       |                       |                                     | ÁREA      |                |                               | AMBIENTE   | ÁREA |
| SUBSOLO                        | SUBSOLO 1             | Garagem                             | 329,63 m² | SUBSOLO 2      | Recepção                      | 11,52m²    |      |
|                                |                       | Depósito                            | 5,06 m²   |                | Atendimento ao público        | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Estar dos motoristas                | 10,46 m²  |                | Fomento                       | 23,04 m²   |      |
|                                |                       | Chefia do transporte                | 10,46 m²  |                | Laboratório de fomento        | 23,04 m²   |      |
|                                |                       | Casa de força                       | 20,18m²   |                | Sala curinga                  | 12,96 m²   |      |
|                                |                       | Arquivo Morto                       | 33,31 m²  |                | Museu e biblioteca            | 41,24 m²   |      |
|                                |                       | Almoxarifado                        | 50,23 m²  |                | Auditório/ Cabine de projeção | 126,20 m²  |      |
|                                |                       | Apartamento de visita               | 20,8 m²   |                | Inst. sanitária fem. e masc.  | 18,72 m²   |      |
|                                |                       | Banho                               | 5,06 m²   |                |                               |            |      |
|                                |                       | Zeladoria                           | 7,76 m²   |                |                               |            |      |
| TOTAL PAVIMENTO                |                       |                                     |           |                |                               | 1137,84 m² |      |
| TÉRREO                         | TÉRREO 1              | Telefone público                    | 1,44 m²   | TÉRREO 2       | Equipe de fiscais             | 23,04 m²   |      |
|                                |                       | Portaria                            | 7,20 m²   |                | 03 Salas curinga              | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Recep. do desmatamento e da madeira | 20,16 m²  |                | Sala de ponto                 | 11,52 m²   |      |
|                                |                       | Atendimento ao público da madeira   | 23,04 m²  |                | PBX                           | 5,76 m²    |      |
|                                |                       | Coordenadoria da madeira            | 17,28 m²  |                | Rádio                         | 5,76 m²    |      |
|                                |                       | Estatística da madeira              | 28,80 m²  |                | Copa                          | 5,76 m²    |      |
|                                |                       | Atend. ao público do desmatamento   | 28,80 m²  |                | Cozinha                       | 5,76 m²    |      |
|                                |                       | Coordenadoria do desmatamento       | 17,28 m²  |                | Inst. sanitária fem. e masc.  | 18,72 m²   |      |
|                                |                       | Arquivo                             | 17,28 m²  |                | Gabinete do delegado          | 34,56 m²   |      |
|                                |                       | Estatística do desmatamento         | 28,80 m²  |                | Sala do assistente            | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Inst. sanitária fem. e masc.        | 18,72 m²  |                | Sala do procurador            | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Protocolo                           | 28,80 m²  |                | Sala de reuniões              | 23,04 m²   |      |
|                                |                       | Sala do assistente                  | 17,20 m²  |                | Recepção                      | 28,80 m²   |      |
|                                |                       | Sala do chefe do GCFAL              | 17,28 m²  |                | Secretaria                    | 30,24 m²   |      |
| Sala curinga                   | 28,80 m²              |                                     |           |                |                               |            |      |
| TOTAL PAVIMENTO                |                       |                                     |           |                |                               | 1083,36 m² |      |
| 2º PAVIMENTO                   | 2º PAVIMENTO 1        | Chefia do GEA                       | 17,28 m²  | 2º PAVIMENTO 2 | Mecanografia                  | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Assistente do GEA                   | 17,28 m²  |                | Estar                         | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Chefia do material                  | 17,28 m²  |                | Sala curinga                  | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Controle do material                | 17,28 m²  |                | Pessoal                       | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | Licitações                          | 23,04 m²  |                | Arquivo do pessoal            | 23,04 m²   |      |
|                                |                       | Inst. sanitária fem. e masc.        | 18,72 m²  |                | Inst. sanitária fem. e masc.  | 18,72 m²   |      |
|                                |                       | Tesouraria                          | 17,28 m²  |                | Recepção GACAP                | 11,52 m²   |      |
|                                |                       | Contabilidade                       | 34,56 m²  |                | Chefe do GACAP                | 23,04 m²   |      |
|                                |                       | Orçamento                           | 28,80 m²  |                | Análise de projetos           | 40,32 m²   |      |
|                                |                       | Sala curinga                        | 11,52 m²  |                | Arquivo                       | 17,28 m²   |      |
|                                |                       | TOTAL PAVIMENTO                     |           |                |                               |            |      |
| COB.                           | Reservatório superior |                                     |           |                |                               |            |      |
|                                | Jardim                |                                     |           |                |                               |            |      |
| TOTAL ÁREA FECHADA DO EDIFÍCIO |                       |                                     |           |                |                               | 1929,03 m² |      |
| TOTAL ÁREA ABERTA DO EDIFÍCIO  |                       |                                     |           |                |                               | 1116,33 m² |      |
| TOTAL CONSTRUÍDO EDIFÍCIO      |                       |                                     |           |                |                               | 3045.36 m² |      |



| Nome                                   | Nº |
|----------------------------------------|----|
| Garagem                                | 1  |
| Depósito                               | 2  |
| Estar dos motoristas                   | 3  |
| Chefia do transporte                   | 4  |
| Zeladoria                              | 5  |
| Banho                                  | 6  |
| Apartamento                            | 7  |
| Almoxarifado                           | 8  |
| Arquivo Morto                          | 9  |
| Casa de força                          | 10 |
| Sala curinga                           | 11 |
| Laboratório de fomento                 | 12 |
| Fomento                                | 13 |
| Atendimento ao público                 | 14 |
| I.S. Fem.                              | 15 |
| I.S. Masc.                             | 16 |
| Museu e Biblioteca                     | 17 |
| Auditório                              | 18 |
| Tel. Público                           | 19 |
| Portaria                               | 20 |
| Recep. Do desmatamento e da madeira    | 21 |
| Atendimento ao público da madeira      | 22 |
| Coordenadoria da madeira               | 23 |
| Estatística da madeira                 | 24 |
| Estatística do desmatamento            | 25 |
| Arquivo                                | 26 |
| Coordenadoria do desmatamento          | 27 |
| Atendimento ao público do desmatamento | 28 |
| Protocolo                              | 29 |
| Sala do assistente                     | 30 |
| Sala do chefe do GCFAL                 | 31 |
| Sala curinga                           | 32 |
| Equipe de fiscais                      | 33 |
| Sala de ponto                          | 34 |
| PBX                                    | 35 |
| Rádio                                  | 36 |
| Copa                                   | 37 |
| Cozinha                                | 38 |
| Gabinete do delegado                   | 39 |
| Sala do assistente                     | 40 |
| Sala do procurador                     | 41 |
| Sala de reuniões                       | 42 |
| Recepção                               | 43 |
| Secretaria                             | 44 |
| Chefia do GEA                          | 45 |
| Assistente do GEA                      | 46 |
| Chefia do material                     | 47 |
| Controle do material                   | 48 |
| Licitações                             | 49 |
| Tesouraria                             | 50 |
| Contabilidade                          | 51 |
| Orçamento                              | 52 |
| Mecanografia                           | 53 |
| Estar                                  | 54 |
| Pessoal                                | 55 |
| Arquivo do pessoal                     | 56 |
| Recepção GACAP                         | 57 |
| Chefe do GACAP                         | 58 |
| Análise de projetos                    | 59 |
| Arquivo                                | 60 |

**Figura 4.2-3 Plantas dos pavimentos do edifício**  
**Fonte: Desenvolvido pelo autor**

Em visita ao edifício e através da análise dos projetos cedido pelo escritório, foi possível perceber que ele apresenta espaços internos versáteis e flexíveis, rigor estrutural, concentração das instalações e soluções construtivas advindas de experiências em projeto e construção dos profissionais, que fizeram uma boa integração entre as disciplinas complementares e a arquitetura. Nesse contexto, o processo integrado enriqueceu o projeto com ricos detalhes e informações que fundamentaram o processo licitatório e a execução da obra.



**Figura 4.2-4 Fachada Atual do IBAMA**  
**Fonte: Acervo do autor**



**Figura 4.2-5 Simulação da fachada original do IBDF**  
**Fonte: Acervo do autor**

Após 40 anos de inauguração, o edifício institucional IBDF, atual IBAMA, apresenta em sua estrutura elementos que descaracterizam a proposta inicial dos arquitetos, tais incrementos chamados por Silva (2016) de “cicatrices de insensatez

humana” (p.139), fogem do conhecimento dos autores que não tiveram a oportunidade de solucionar de forma adequada as novas necessidades que surgiram. Essa situação demonstra o descaso para com o projeto pensado em pormenor, assim para melhor análise e entendimento, serão considerados somente soluções e ambientes que constam nos desenhos originais aprovados em 1977.

- **Partido**

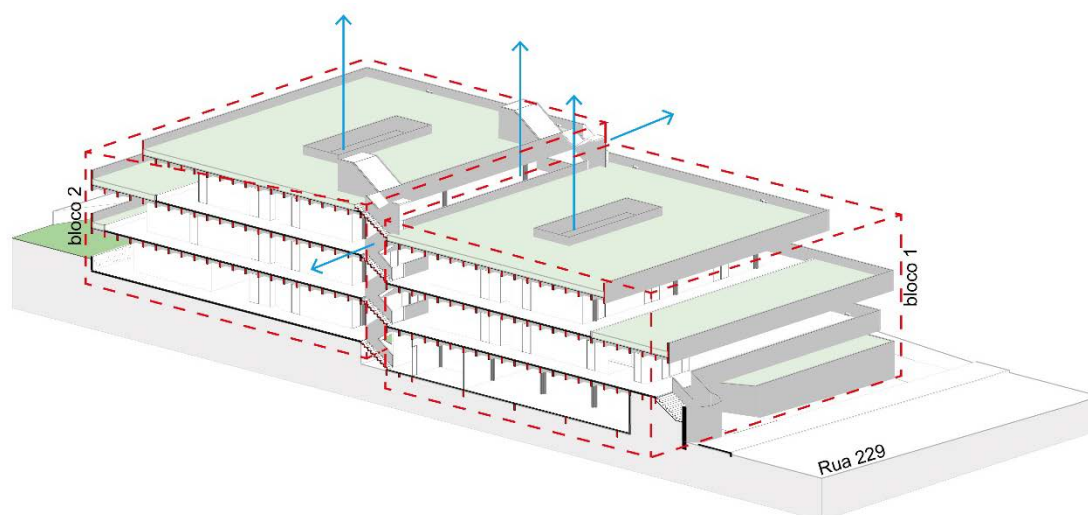


**Figura 4.2-6 Esquema de implantação do partido**  
Fonte: Produzido pelo autor

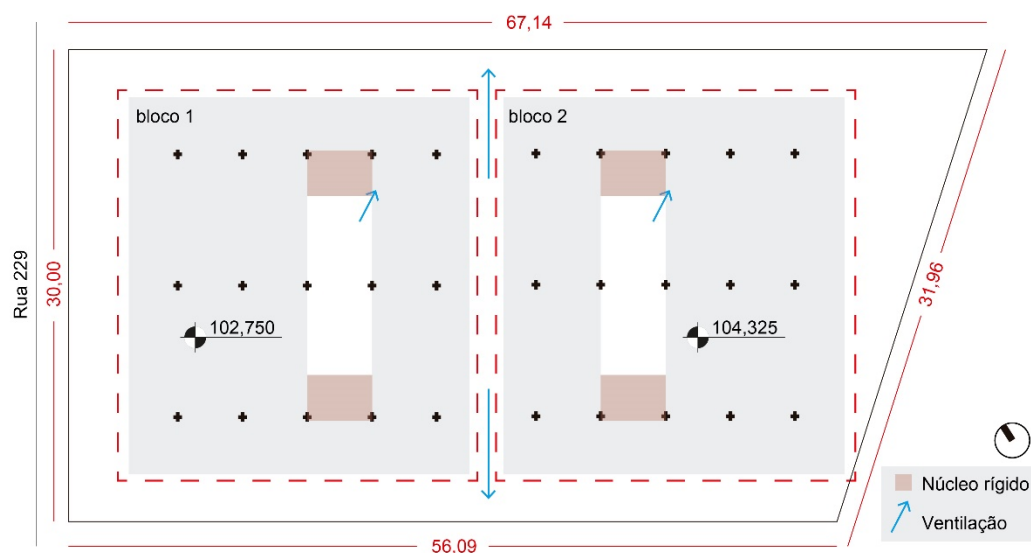


**Figura 4.2-7 Esquema em planta de implantação do edifício**  
Fonte: Produzido pelo autor

Segundo relato do arquiteto, o partido surgiu de condicionantes topográficas, de cunho planimétrico e altimétrico, onde o terreno se apresenta de forma alongada

com frente larga. A necessidade de abrigar todos os ambientes e permitir um uso flexível implicou em pavimentos de planta livre com salas separadas com divisórias que oportunizam a alterações quando necessárias. Como estratégia adotou-se um núcleo fixo, dois em cada bloco, para abrigar as instalações sanitárias e as prumadas de instalações hidráulicas, elétricas e eletrônica, em um local favorável à distribuição pelo pavimento.

Sendo assim, é possível entender o edifício a partir de dois blocos articulados em diferentes níveis (meio desnível entre eles), separados por um jardim que abriga as circulações verticais, essa implantação cria uma dinâmica em que cada lance de escada percorrido, o usuário acesse um pavimento. Esses blocos são circundados por uma circulação que ainda poderia ser entendida como varanda, uma vez que protege o edifício da incidência solar e permite ao usuário sentir-se dentro e fora ao mesmo tempo em que percorre os espaços envoltos por jardins internos e externos, sendo as duas circulações longitudinais de uso distintos, nordeste preponderante para uso do público e a sudoeste para funcionários. Para ambientar as salas e o núcleo fixo de cada bloco, têm-se o jardim sob um fosso de iluminação, que permite a ventilação das salas, das baterias de banheiros e da garagem, como pode ser observado na Figura 4.2-6 e 4.2-7.

O edifício contém uma linguagem arquitetônica onde os ajustes funcionais de sua distribuição interna permitiram o desenvolvimento de geometrias mais simples, sem rebuscamentos. Essa organização espacial também contribuiu com o raciocínio espacial, de modo que pudesse ocorrer em transições mais agradáveis, em transições mais naturais dos usos e atividades programadas.

Assim, a predominância de traços ortogonais parece não apenas privilegiar o aspecto funcional como também a execução construtiva. Nesse sentido, edifícios com predomínio de formas primárias parecem também garantir uma expressão pouco sujeita às oscilações de gosto no decorrer dos anos. A economia das formas representa uma condição simultânea de coerência e estabilidade, conferindo maior sensatez ao caráter público que o edifício requisita.

- Implantação em níveis

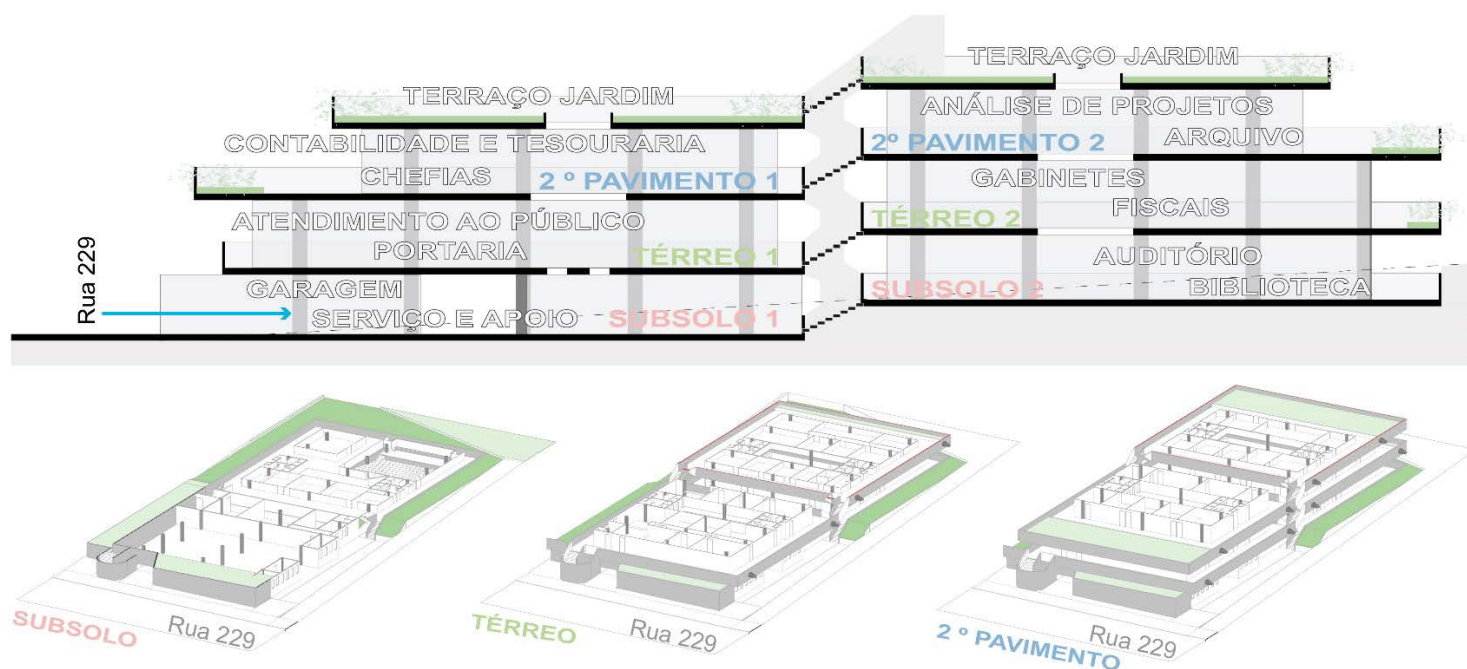


**Figura 4.2-8 Corte Esquemático e Planta Perspectivada**  
 Fonte: Produzido pelo autor

Para melhor se apropriar da topografia, o edifício se forma a partir de dois blocos com diferença de nível de 1,575 m, o suficiente para formar um lance de escada com 9 degraus de 17,5cm e espelho. Essa implantação permite o acesso em nível ao subsolo 1 (garagem) e por intermédio de uma escada junto a calçada é possível acessar o setor social de atendimento ao público no térreo 1. Percorrendo os espaços ajardinados no térreo 1, o usuário pode acessar meio piso a baixo o subsolo 2, que abriga ao auditório, biblioteca e espaço de recolhimento de mudas ou acessa aos demais pavimentos a cima que abriga ou departamentos e atividades técnicas. Assim acontece o edifício em corte, onde a cada meio piso cria-se uma laje com ambientes de atendimento e usos diversos.

Originalmente, o bloco mais próximo à rua possuía o nível da garagem e mais dois outros níveis. O bloco da porção posterior do terreno também foi concebido em três níveis de ocupação, e em um deles localiza-se o auditório. Como cobertura dos dois blocos, grandes terraços-jardins. (SILVA, 2016 p.130)

- **Estrutura**

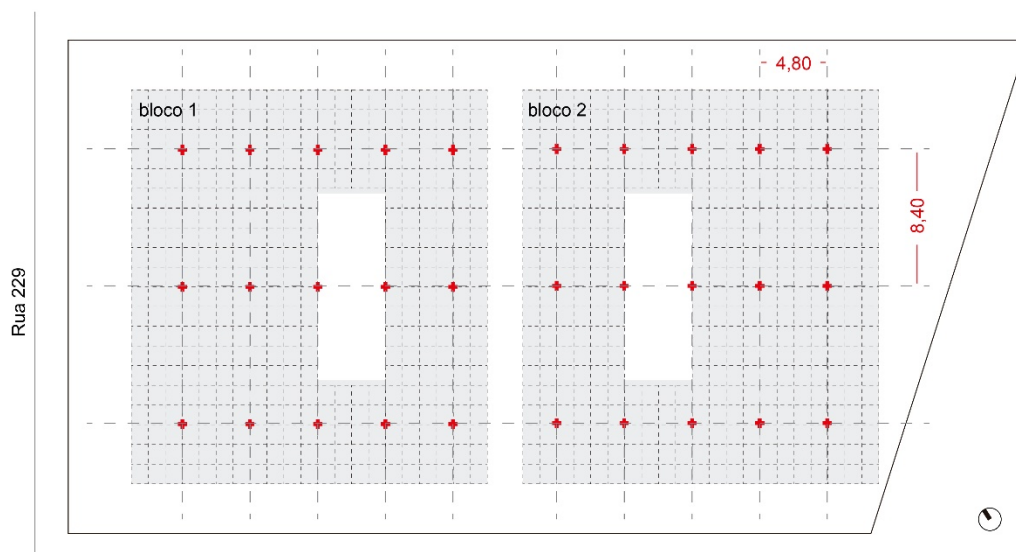


**Figura 4.2-9 Esquema estrutural em planta**  
**Fonte: Produzido pelo autor**

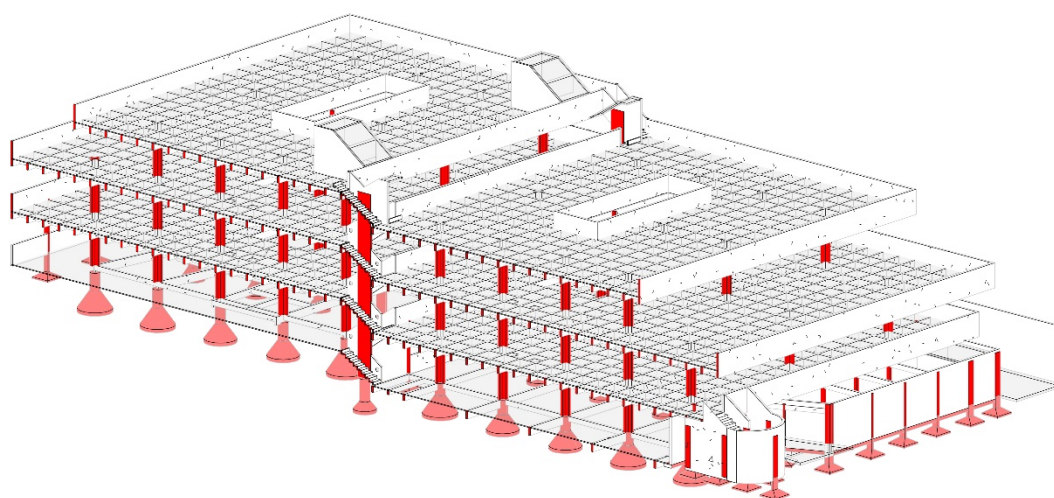


**Figura 4.2-10 Esquema estrutural BIM**  
**Fonte: Produzido pelo autor**

Todo em concreto aparente, cada bloco se estrutura sobre 15 pilares seguindo uma malha de 4,80m x 8,40m, essa modulação oportuniza balanço para frente e laterais do edifício, criando assim uma fachada dinâmica onde as lajes se deslocam para trás e para frente de acordo com a necessidade de área. Primando pelo rigor e criando uma racionalização construtiva, os arquitetos trabalharam com

uma laje nervurada de módulo de 1,20m, que se aplicou em toda a construção através de múltiplos para o dimensionamento de layout, divisórias e instalações.

- **Instalações**

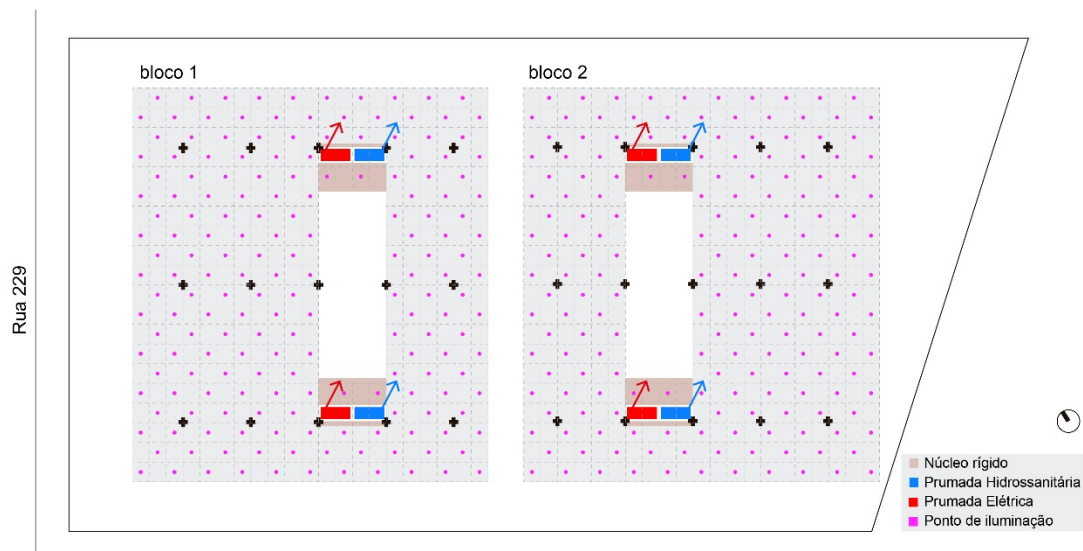


**Figura 4.2-11 Esquema em planta da prumada Hidrossanitária e Elétrica**  
**Fonte: Desenvolvido pelo autor**

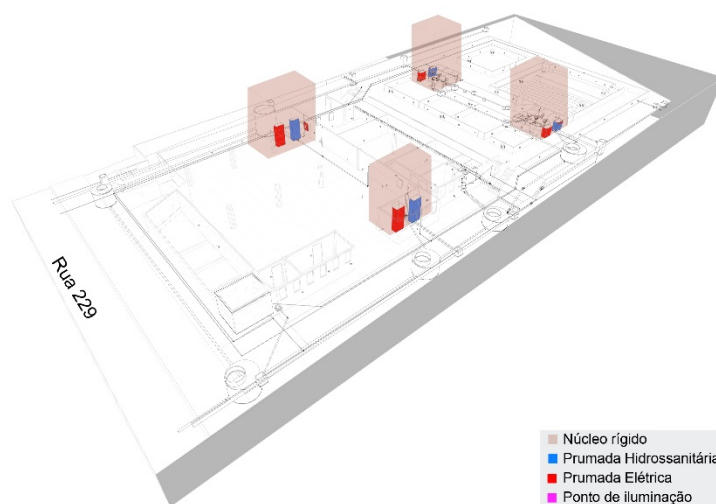


**Figura 4.2-12 Esquema em 3D da prumada Hidrossanitária e Elétrica**  
**Fonte: Desenvolvido pelo autor**

Por se tratar de um edifício em concreto aparente, as instalações foram criteriosamente definidas e locadas para serem concretadas juntamente com as lajes, pilares e vigas, assim quando existisse a necessidade de furar a nervura, essa

situação teria sido previamente estudada e analisada. Se valendo disso, os núcleos rígidos adquirem importância e auxiliam na distribuição das prumadas, valorizando ainda mais a necessidade e o entendimento da coordenação técnica entre as instalações, estrutura e arquitetura, para evitar erros e problemas estruturais.

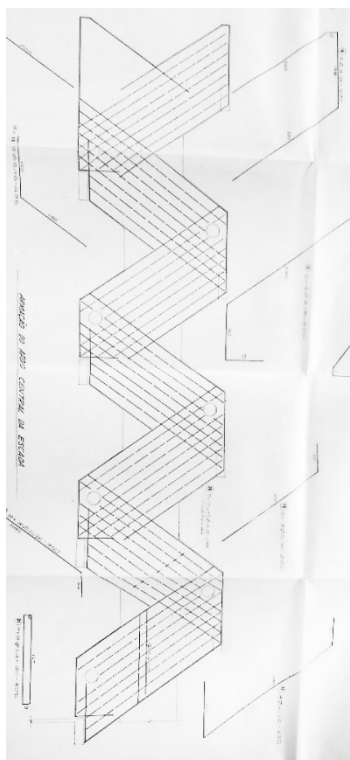


**Figura 4.2-13 Armação e luminária,  
Prancha C7/25**  
Fonte: Acervo do escritório  
Espaço

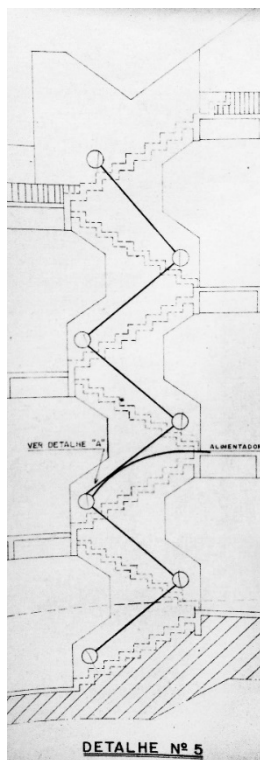


**Figura 4.2-14 Energização  
das luminárias, Prancha  
E7/8**  
Fonte: Acervo do  
escritório Espaço



**Figura 4.2-15 Guarda-corpo, Fotografia  
*In loco***  
Fonte: Acervo do autor



**Figura 4.2-16 Luminária em guarda corpo**  
Fonte: Acervo do autor

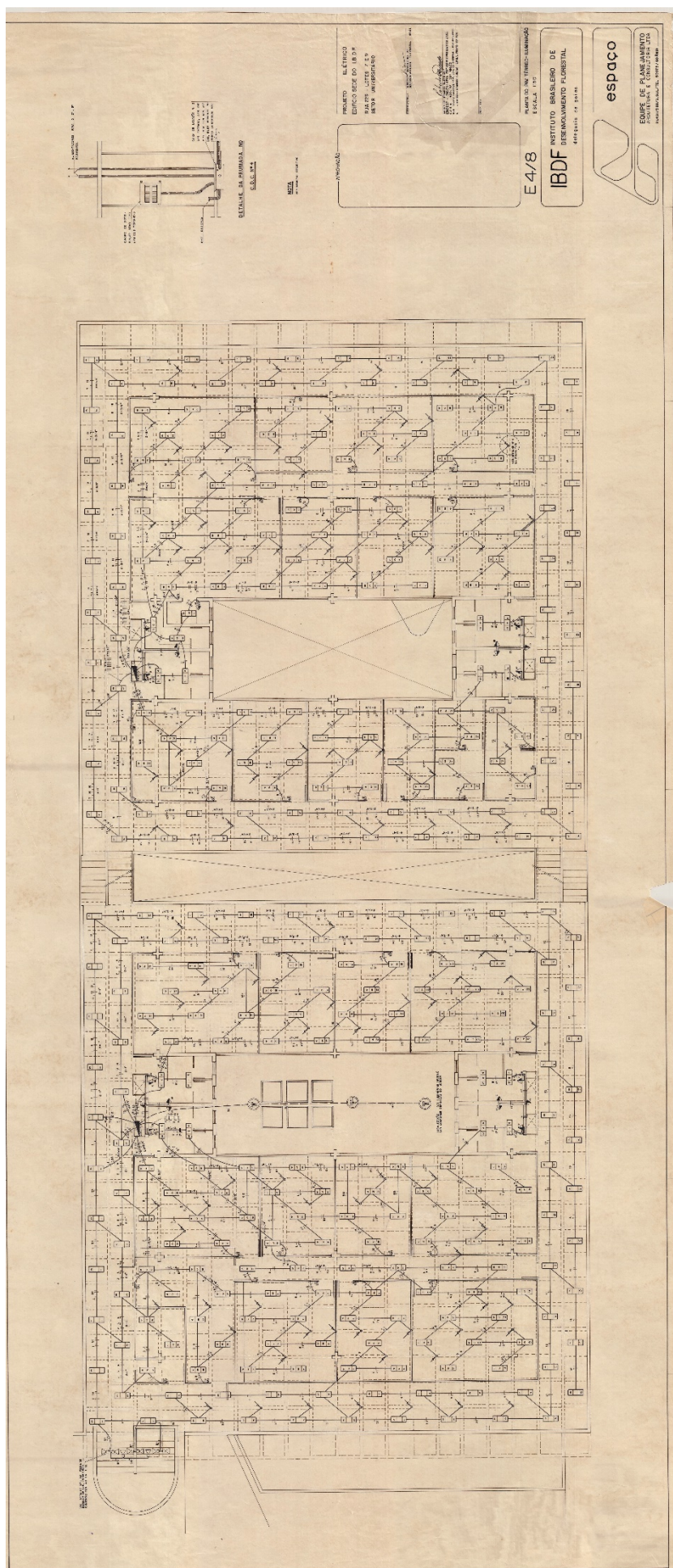


**Figura 4.2-17 Projeto elétrico – Pavimento Térreo, Prancha E4/8**  
**Fonte: Acervo do escritório Espaço**

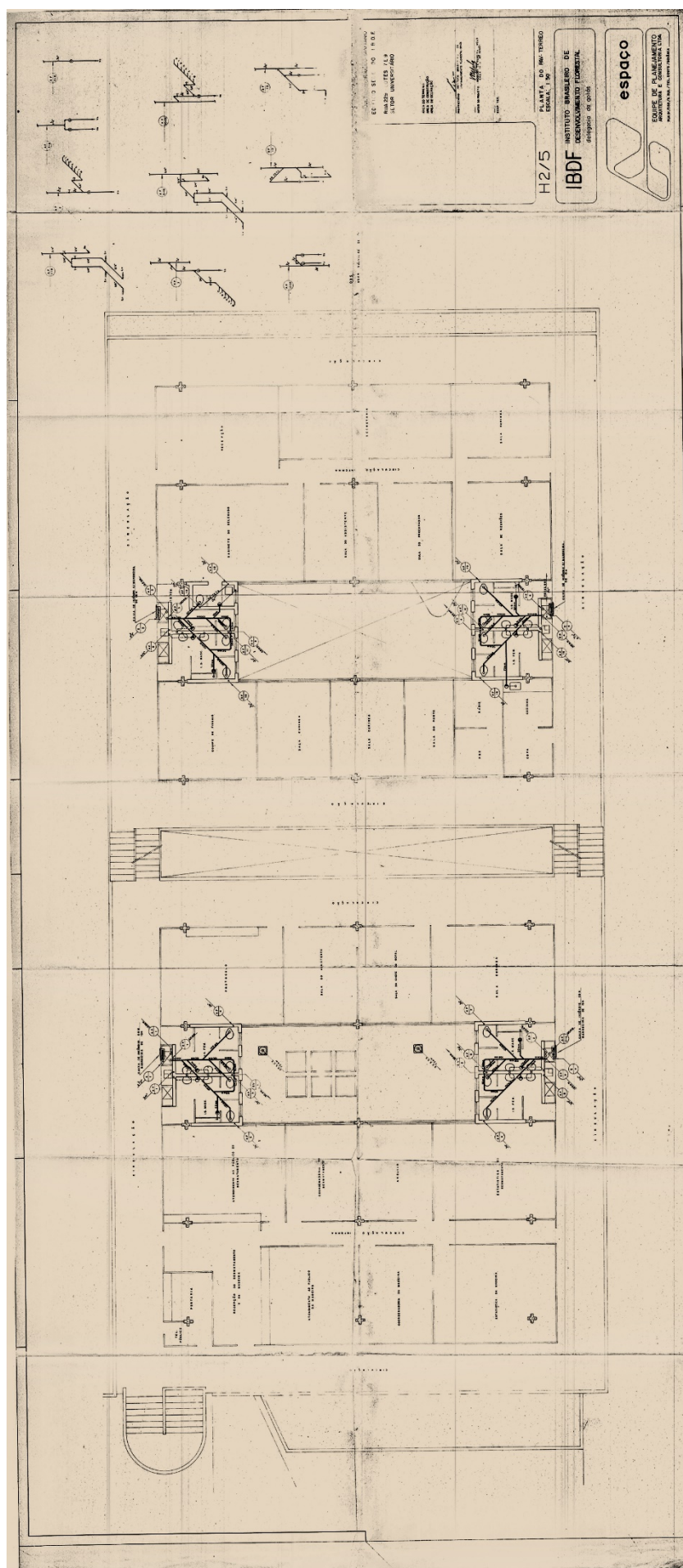


Figura 4.2-18 Projeto Hidrossanitário – Pavimento Térreo, Prancha H2/5  
Fonte: Acervo do escritório Espaço

- **Processo de projeto – IBDF**

De acordo com Fernando Rabelo, o projeto e a obra da sede do IBDF em Goiás foram financiados com verba federal, disponível para a construção dos institutos no Centro-Oeste. Por se tratar de dinheiro público, a contratação dos projetos e execução da sede de Goiás foi via licitação, sendo o primeiro, o projeto, licitado por meio de um concurso de anteprojeto de arquitetura através de carta convite para três empresas, e o segundo, a construção, foi licitado na modalidade de tomada de preço, com orçamento prévio de referência.

Conforme relatado por Fernando Rabelo, o escritório Espaço foi convidado juntamente com outros dois para desenvolverem uma proposta em nível de anteprojeto para a sede do IBDF. Devido a qualidade o trabalho apresentado pela Espaço foi escolhido vencedor e a empresa foi contratada para desenvolver todos os projetos necessários para a licitação da construção. Para melhor entendimento do processo de projeto utilizado pelo escritório, optou-se por dividir em três momentos, sendo o primeiro relacionado ao concurso, o segundo relacionado ao desenvolvimento dos projetos e o terceiro e último relacionado ao assessoramento à licitação e acompanhamento e fiscalização da obra.

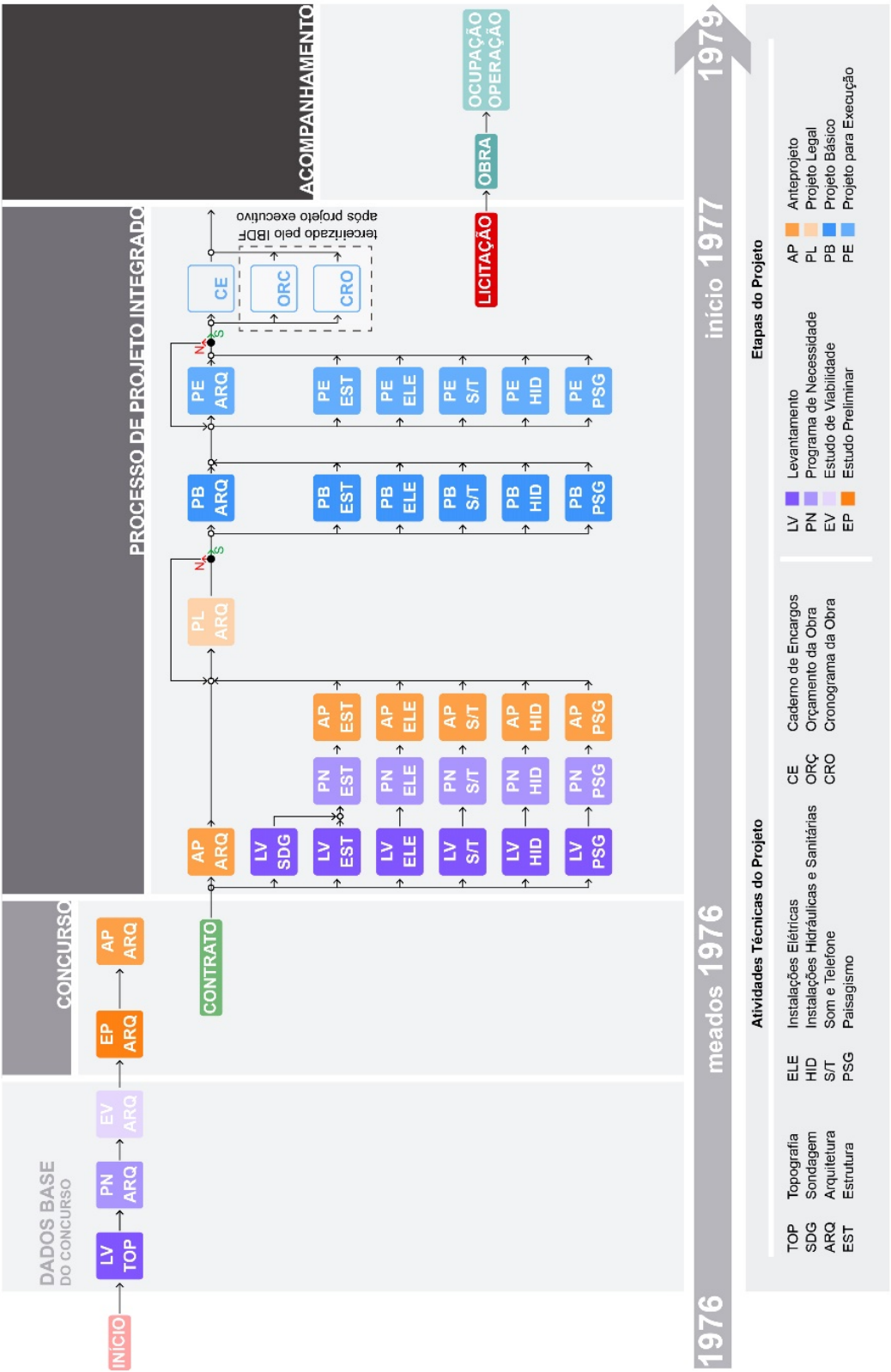


Figura 4.2-19 Processo de Projeto IBDF  
Fonte: Desenvolvido pelo autor

## Concurso

Tudo o que é absorvido e registrado por nossa mente soma-se à coleção de ideias armazenadas na memória. Uma espécie de biblioteca que podemos consultar toda vez que surge um problema. Assim, essencialmente, quanto mais tivermos visto, experimentado e absorvido, mais pontos de referência teremos para nos ajudar a decidir que direção tomar: nosso quadro de referência se expande. (HERTZBERGER, Herman, apud LAWSON, 2011 p.110)

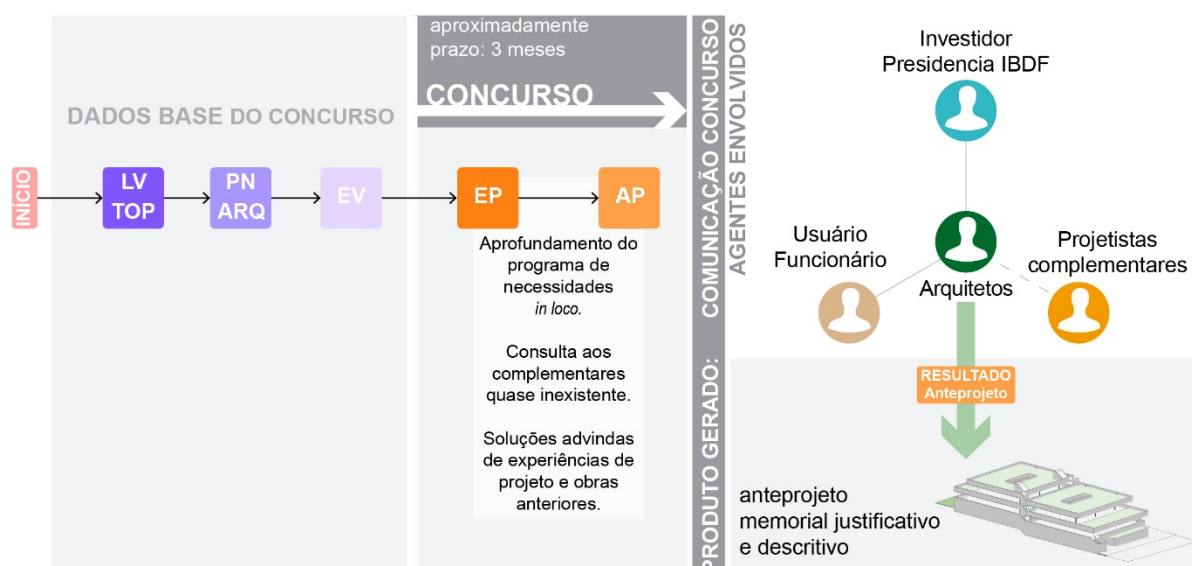


**Figura 4.2-20 Processo de projeto do escritório durante o concurso**  
Fonte: elaborado pelo autor

Segundo Fernando Rabelo, o desenvolvimento da proposta para o concurso consistiu na interpretação de dados técnicos e no aprofundamento do programa de necessidade e pré-dimensionamento dos espaços, através de imersão e entrevistas com os agentes da instituição. Essa preliminar integração entre os diretores/funcionários do IBDF com a equipe dos arquitetos favoreceu a compreensão da real demanda da instituição na época e as projeções futuras de expansão das necessidades e quantitativo de funcionários.

O desenvolvimento da proposta passou pela etapa de estudo preliminar, rebatendo os dados coletados sobre o tamanho dos setores, estudo de funcionamento e zoneamento, fluxos e ocupação do terreno, alternativas de setorização e implantação de partidos, resultando em um arranjo formal que melhor abrigou as necessidades levantadas. Com o desenvolvimento da proposta chegou-se ao anteprojeto que, segundo relato do arquiteto, se baseou nas experiências acumuladas pelo escritório em projeto e obras anteriormente executadas.

Assim, nesse estágio a integração com os profissionais de estrutura e instalações pouco aconteceram, devido o domínio que os arquitetos tinham destes projetos complementares. As consultas foram eventuais e informais, pois se tratava de um projeto de risco, por se tratar de um concurso, sem a garantia de ser vencedor e de recebimento das horas dedicadas ao trabalho pelos engenheiros.

O concurso finalizou com a entrega da proposta de anteprojeto de arquitetura contemplando soluções preliminares para as áreas de estrutura e instalações, uma vez que essas podem interferir diretamente no partido inicial do edifício. Fernando Rabelo salienta que o conhecimento e entendimento sobre as possibilidades estruturais, de instalações e de obra contribuíram para que os arquitetos tivessem maior liberdade na concepção da arquitetura.

Se comparar o processo simultâneo, abordado no capítulo 3, com o processo de projeto dos arquitetos durante o concurso, pode-se encontrar semelhanças uma vez que foi possível reunir desde o início do projeto, os arquitetos, profissionais com domínio da construção e com conhecimento em estrutura e instalações, muitas das vezes advindo de lições aprendidas em suas trajetórias de projeto, de obra e de apropriação dos espaços construídos pelos seus usuários, inerentes a toda obra de arquitetura. Dessa forma o processo simultâneo do escritório Espaço, aconteceu por meio dos próprios arquitetos projetistas que sempre transitaram pelas diversas áreas de atuação do arquiteto dentro da construção.

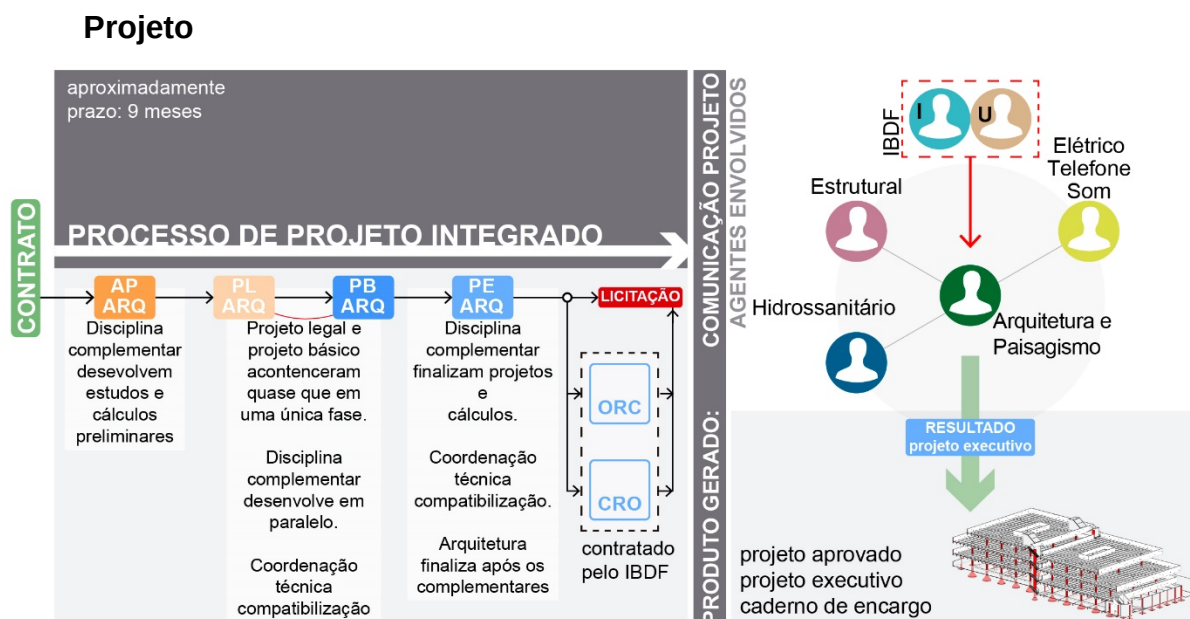


**Figura 4.2-21 Processo de projeto integrado do escritório**  
Fonte: elaborado pelo autor

O IBDF foi um concurso por carta convite a três escritórios de projeto e nós ganhamos. Fomos contratados e desenvolvemos o projeto, com todos os detalhes e especificações, gerando um caderno de encargo que corroborou para o processo de licitação da obra. (Relato de Fernando Carlos Rabelo)

Ao ser consagrado vencedor, o escritório Espaço assinou contrato com o IBDF e logo subcontratou os projetistas complementares que tinham costume de trabalhar, assim, a ENGESP ficou responsável por desenvolver os projetos Hidrossanitário (Eng. Civil Vanderley de Oliveira Melo), Elétrica, Som e Telefonia (Eng. Eletricista Roberto Craveiro Curado). Já a estrutura e fundação ficaram a cargo do escritório de Brasília, Structura (Eng. Heloisa e Eng. João Bosco Ribeiro). Tais projetistas além de alguns deles terem sido alunos do então professor Fernando Rabelo, no curso de Engenharia Civil da UFG, desenvolviam seus projetos com excelência e eram abertos e participativos na integração e coordenação técnica do conjunto dos projetos.

Existem alguns projetistas, entorno de três de cada área com os quais nos habituamos a trabalhar nesses 50 anos, pois já passamos por alguns que não davam liga, querem fazer tudo rápido e na "tóra", de qualquer jeito e rapidamente. Assim, se o arquiteto entende o mínimo, ele sugere soluções. Por exemplo, o projeto elétrico, a parte lumínica pode-se tirar partido, então deve esquematizar para o projetista fazer a instalação elétrica. Agora a iluminação, a luz, o conforto lumínico e o projeto luminotécnico, isso depende da intenção do arquiteto, então esse trabalho deve ser em conjunto evitando as interferências com a instalação elétrica, hidráulica e

outros, a gente chama essa rotina de coordenação dos projetos complementares. (Relato de Fernando Carlos Rabelo)

Assim, como parte do processo de projeto do escritório, iniciaram-se as primeiras conversas entre os demais projetistas ainda na etapa de Anteprojeto, e foi possível a eles desenvolverem estudos e cálculos preliminares em cima de desenhos arquitetônicos ainda na escala 1:100. Devido ao grau de desenvolvimento da proposta para o concurso, pouca coisa mudou da etapa de Anteprojeto para o Projeto Legal, confirmando o relato do arquiteto. “A proposta já contemplava espaços e soluções adequadas para a estrutura e instalações.”

O processo de coordenação técnica das disciplinas ficou a cargo da Espaço, que ao longo de todas as etapas de projeto, realizou reuniões com os projetistas para debater as ideias e soluções presentes na proposta arquitetônica. Essa dinâmica de trabalho permitiu que os agentes envolvidos contribuíssem e validassem as soluções pensadas ainda no concurso. Segundo Fernando Rabelo, os projetistas de estrutura, elétrico, hidráulico e outros, possuíam autonomia para sugerir novas soluções às situações existentes. Isso enriqueceu a proposta e promoveu um aprendizado para a equipe em geral, pois as decisões foram tomadas em conjunto.

Profissionalmente e pelo tipo de formação, hoje eu vejo que só o arquiteto tem um mínimo de condição para articular as diferentes disciplinas, desde que ele tenha no mínimo uma boa qualificação e domine a técnica, para lidar justamente com o pessoal da engenharia, dentro da parte tecnológica. Assim, os bons projetistas, por exemplo, o de estrutura, que “quebram cabeça”, preferem que o arquiteto faça um pré-lançamento estrutural e uma planta de forma, afim de integrar e evitar que os arquitetos erroneamente perpetuem os dizeres de que: “– os projetistas estruturais ou calculistas modificam o projeto.” Modificaram por que não tem nada definido, criam para viabilizar e solucionar a arquitetura. (Relato de Fernando Rabelo)

Assim, a coordenação técnica junto a estrutura, permitiu validar a proposta arquitetônica desenvolvida na fase de anteprojeto, onde foram locados pilares e desenvolvido o pré-dimensionamento das nervuras da laje para vencer grandes vãos e balanços generosos. Segundo Fernando Rabelo a estrutura inicial passou por cálculos e inserção de soluções tecnológicas que viabilizaram a arquitetura de acordo com anteprojeto, mantendo o pé direito e alturas das vigas desejadas. Portanto, foi inserida a mísula na parte superior dos pilares por conta dos esforços



meio de *shafts* a maioria das tubulações percorrem as lajes sob o vigamento, deixando a estrutura independente das instalações, que pode ser encoberta pelo forro quando necessário,

Um ponto relevante foi o uso do terraço como jardim. Segundo Fernando Rabelo, existiu uma preocupação com a da captação de água pluvial, pois essa poderia sobrecarregar a laje da cobertura que já contava com 35 cm de terra. Assim, o projetista de instalações sugeriu o uso de ralo abacaxi para evitar a obstrução por folhas, sendo acatada pelos arquitetos que sugeriram o aumento do diâmetro dos tubos de quedas, na intenção de garantir uma boa vazão da água pluvial.

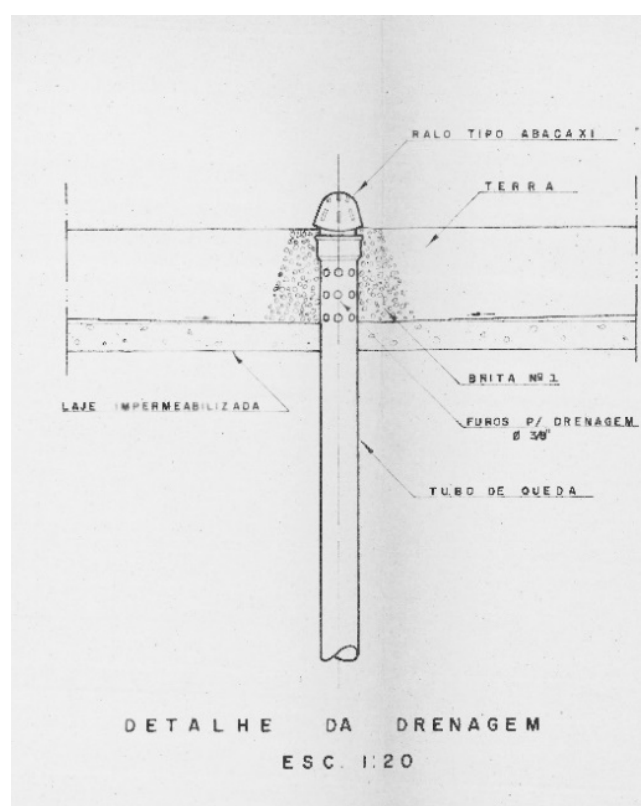


**Figura 4.2-23 Detalhe da drenagem – Ralo abacaxi**  
**Fonte: Acervo do Arquiteto**

Segundo Fernando Rabelo, o receio ainda era grande por parte do escritório, então se pensou uma espécie de “ladrão” para funcionar na pior das hipóteses. Esse elemento deu origem as gárgulas que enriqueceram mais ainda o projeto, sendo compatibilizada com os projetistas de estrutura que elaboram os detalhes de ferragem para a execução dos mesmos, em uma prancha extra chamada de C25/25A, ou seja, inserida na contagem após a finalização do projeto estrutural. Essa comunicação demonstra uma integração entre as disciplinas, sendo

coordenada pelos arquitetos e de maneira manual, onde as trocas de projetos e informações aconteciam por meio físico, reunião e/ou por telefone.

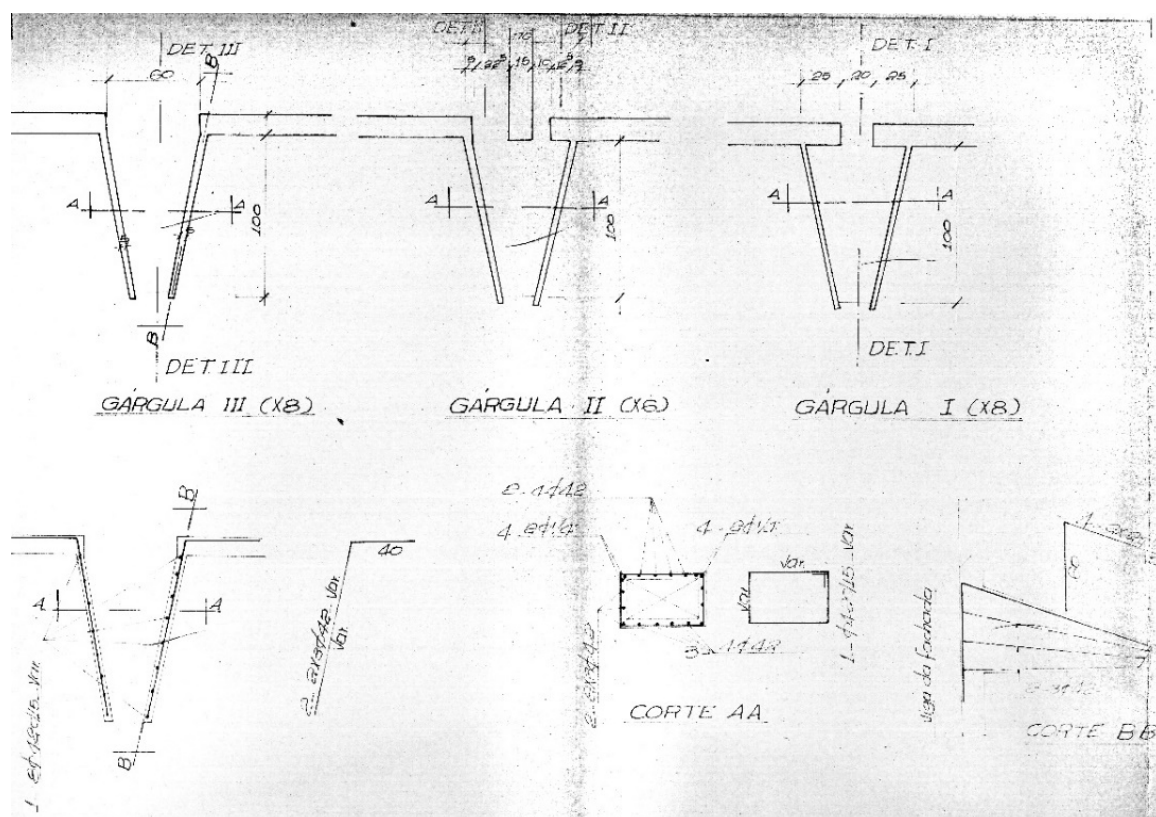


**Figura 4.2-24 Detalhe estrutural das Gárgulas Prancha E25A/25**  
Fonte: Acervo do escritório Espaço

O desenvolvimento do projeto elétrico encaminhou sem grandes mudanças e com soluções simples. Onde a parte elétrica foi concretada juntamente com pilares, lajes e vigas. Devido a isso, o projeto gerou ricos detalhes das instalações elétricas junto aos elementos estruturais. Vale salientar que o fato de as tubulações terem sido embutidas no concreto, inviabilizou a mudança do diâmetro dos conduítes limitando a quantidade de fiação passível de utilizar. Dessa forma, atualmente é possível encontrar remendo ao longo do edifício com eletrocalhas e mangueiras.

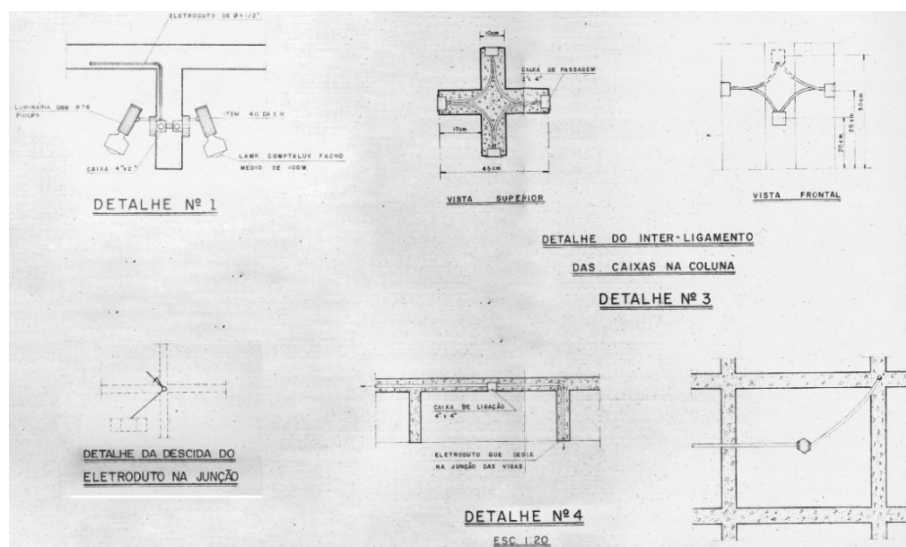


**Figura 4.2-25 Detalhes do projeto elétrico, Prancha E3/8**  
**Fonte: Acervo do escritório Espaço**

Como o edifício possui laje nervurada e os arquitetos tinham a intenção de deixá-los aparentes, foi estudada juntamente com o projetista elétrico a locação das luminárias de acordo com o módulo mínimo possível para as salas, já que o edifício possui planta livre e permite a alterações e movimentação dos painéis. Sendo assim, criou-se uma espécie de “tabuleiro de xadrez”, onde se intercalou as luminárias colocando-as em todas as modulações de ambiente possível, como pode ser observado na imagem.



**Figura 4.2-26 Ponto de iluminação intercalados na laje, "Tabuleiro de Xadrez".**  
**Fonte: Acervo fotográfico do Autor**

Analisando os projetos, percebe-se que a coordenação técnica teve um papel importante para atingir um bom resultado, uma vez que todos os projetistas trabalharam em diferentes desenhos e não dispunham de ferramentas digitais. Assim, na visão de Fernando Rabelo o coordenador, o arquiteto, deve trabalhar como um clínico-geral, tendo um mínimo de conhecimento das áreas para de forma holística organizar os projetos com o máximo de zelo e primor, contribuindo quando necessário para o bom desenvolvimento das soluções técnicas.

Então eu vejo a coordenação, como ampliação do campo de trabalho do arquiteto, pois é necessário em todas as obras quem dirá nas grandes, que é uma “parafernália” de disciplinas. Assim, na medida em que eu tenho um conjunto dos projetos compatibilizados, eu posso desenvolver o projeto executivo que é como se consolidasse tudo em um só desenho. (Relato de Fernando Rabelo)

Fernando Rabelo explica que a compatibilização dos projetos aconteceu por meio de sobreposição de desenhos em papel vegetal e através de conversas em reuniões que fomentaram as trocas de ideias e a busca por melhores soluções. Portanto os projetos caminharam em paralelo e o detalhamento executivo arquitetônico só finalizou após o término dos complementares. Os arquitetos na figura do coordenador técnico tiveram um importante papel nessa etapa, pois consolidaram a arquitetura através da elaboração de desenhos detalhados e todo compatibilizado de acordo com os projetos complementares.

Mesmo com a coordenação técnica pelos arquitetos foi possível identificar sutis divergências entre o desenho aprovado pela prefeitura e o desenho base para a elaboração dos complementares. Isso corrobora para o entendimento de que a aprovação da arquitetura na prefeitura caminhou em paralelo com o desenvolvimento dos demais projetos. Logo, o projeto aprovado não contemplou algumas mudanças exigidas pela compatibilização das disciplinas.

Fernando Rabelo relata que tentou elaborar as pranchas para a prefeitura o mais próximo do resultado final, sendo comum a existência de mudanças, mas elas não modificam toda a arquitetura. Assim, percebe-se que as incongruências foram corrigidas e compatibilizadas no projeto executivo de detalhamento, uma vez que o andamento dos projetos complementares depende de soluções arquitetônicas bem detalhas e especificadas, como o posicionamento, dimensionamento e funcionamento das caixas d’água entre outros elementos construtivos.

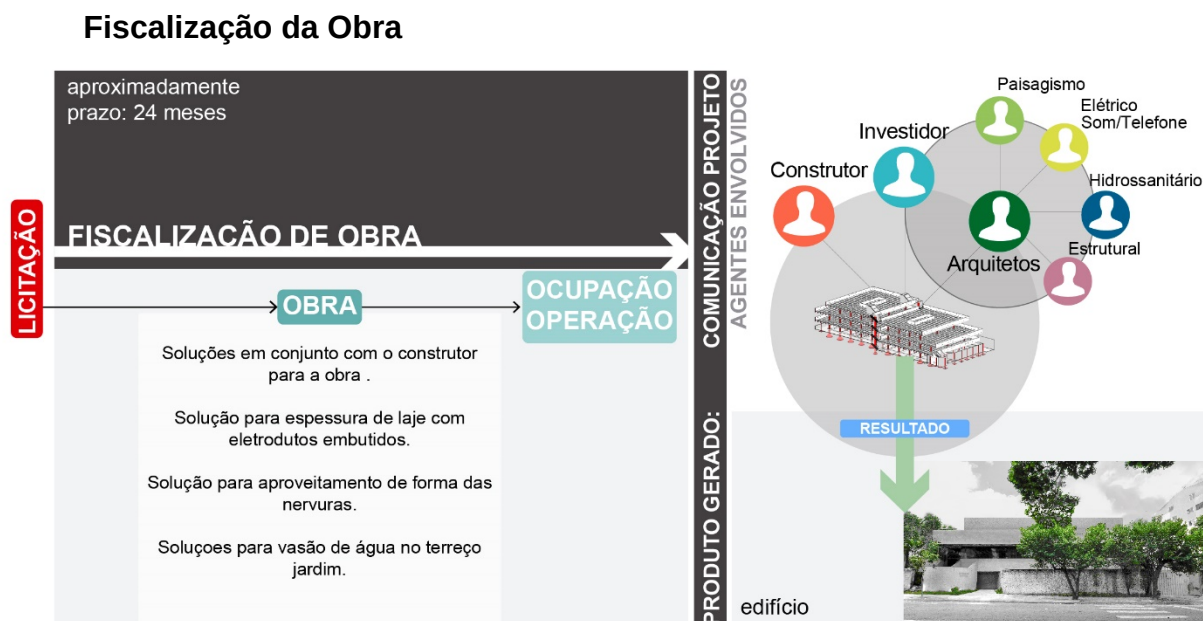


**Figura 4.2-27 Fiscalização da obra pelo escritório**  
**Fonte: elaborado pelo autor**

Então à medida que a gente foi pra obra, mudou completamente a visão e não inibiu criatividade. Quanto mais a gente mexia, mas a gente sabia que era o contrário, quanto mais eu domino o detalhe, o sistema construtivo, isso ou aquilo, mas fica livre para projetar, podendo brincar com a estrutura, instalações e etc., assim, você tira partido e não fica amarrado nas soluções ou ao projetista complementar. (Relato de Fernando Rabelo)

Após a entrega dos produtos finais, pranchas de todos os projetos, juntamente com detalhamento executivo e caderno de encargo, iniciou a fase de licitação para execução da obra, durante esse tempo o escritório Espaço assessorou o IBDF no que tangia a orientação de cronograma e orçamento base, para que a construtora contratada não deixasse a obra inacabada. Assim, o edital foi de âmbito nacional onde concorreram empresas de Brasília e Goiânia, mas a construtora vencedora foi a Provalle, uma empresa goiana.

Conforme relato de Fernando Rabelo, o IBDF nacional estava executando obra em outras cidades e em seu quadro de funcionário contava com uma única arquiteta, Alda Rabello, que era a responsável por fiscalizar o andamento de todas as obras da instituição. Assim, devido a experiência do escritório e com interesse de que o projeto saísse conforme projetado, a Espaço fez uma proposta para fiscalizar a construtora na obra, sendo contratada pela instituição para tal finalidade.

O IBDF tinha uma única arquiteta que depois eu descobri que era xará de sobrenome e era esposa do Lelé, Alda Rabello. Ela estava construindo no Mato Grosso, ia construir a sede daqui e outras pelo Brasil, estava correndo

de obra em obra. Então a gente disse, “– olha isso a gente pode fazer, podemos fiscalizar a obra, pois a gente fez o projeto e detalhamos tudo”. Então nós fomos contratados para fiscalizar a empresa construtora que ganhou a concorrência. (Relato de Fernando Rabelo)

Iniciou-se assim a participação da Espaço na fiscalização da obra, a presença do escritório contribuiu para solucionar problemas que surgiram ao longo da execução e aumentou ainda mais o repertório da equipe de projeto na construção. Possibilitou uma experiência que muito contribuiu para a equipe de projeto. Nesse contexto de fiscalização Fernando Rabelo, relata que teve uma conversa com a Provalle explicando que:

Oh, o projeto está todo detalhado, não terá modificação, nem reajustes. Se vocês colocarem um engenheiro bom de execução, a obra ficará boa e isso será bom para vocês e para nós. A Provalle contratou o Elmar Santana que é um baita de um construtor, ele trabalhou em Brasília, acho que construiu os projetos do Lelé também. (Relato de Fernando Rabelo)

Nessa etapa iniciou-se um bom relacionamento entre os projetistas e o construtor que, mesmo após a etapa de projeto, foi solucionado em conjunto as surpresas que surgiram durante a construção, contribuindo para as lições aprendidas dos arquitetos. Conforme relatado por Fernando Rabelo, o Engenheiro responsável tinha um bom domínio de construção e isso favoreceu a rápida execução da laje nervurada, que até então eram poucos os edifícios executados em Goiânia com essa tecnologia construtiva.

Fernando Rabelo relata que a obra começou atrasada e devido à implantação do edifício em meio piso, laje com nervuras na ortogonal, fez o Eng. Elmar questionar sobre a melhor maneira para execução e aproveitamento das formas de madeira, tendo em vista que o desenho mais prático para desenformar a laje era formato piramidal. Percebe-se aqui que esse detalhe poderia ter sido pensado ainda na fase de projeto, confirmando a importância da participação do construtor no processo de projeto.

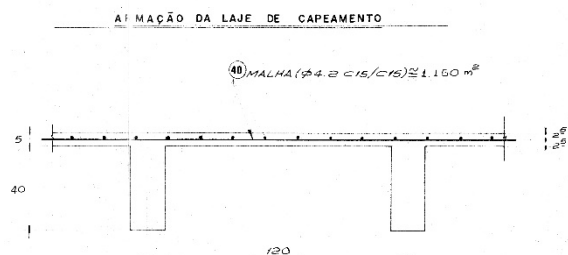


**Figura 4.2-28 Detalhe da laje conforme projeto**  
**Fonte: Acervo do Arquiteto**

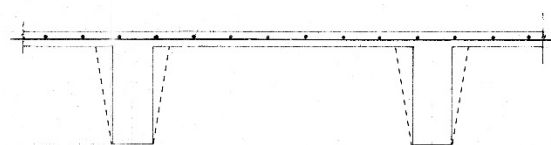


**Figura 4.2-29 Esquema sugerido pelo Eng. Elmar**  
**Fonte: Produzido pelo Autor**



**Figura 4.2-30 Marcação dos dois meios caixotes, formas, entre as nervuras**  
**Fonte: Acervo fotográfico do Autor**

Então a gente aprendeu com o Elmar também, quando ele explicou que o formato piramidal facilitaria o processo de desforma da laje nervurada e com uma “cutucada” desceria o caixote inteiro. Como o projeto estava todo detalhado, ele sugeriu fazer dois meios caixotes, menores um pouco, ligado por um baquete saliente, que depois da concretagem poderia ser retirado facilmente e os mesmos dois meios caixotes poderiam ser aproveitados na forma de outra laje. Pra gente não tinha problema nenhum, então concordamos. A obra que começou enrolada por conta de contrato, atrasada em 3 meses, fluiu bem e quando ele concretou a última laje, com essa sequência de dois jogos de forma, a obra estava dentro do prazo estimado. O Elmar era um bom Engenheiro Civil, muito bom de obra, como tem alguns, não são todos que têm vocação mesmo, para fazer obra, para organizar, trabalhar com pessoal, pois tudo isso é importante. (Relato de Fernando Rabelo)

Ainda dentro do processo de concretagem da laje, Fernando Rabelo relata que passou despercebida uma interferência da instalação elétrica junto a estrutura. Como o projeto elétrico especificava a passagem de eletroduto dentro da laje, montou-se toda a estrutura *in loco* antes de concretar. Logo se percebeu que a espessura da mesa da laje prevista de 5cm no projeto estrutural não encobriria

todas as ferragens juntamente com os eletrodutos. Assim, o projetista de estrutura foi acionado e recalculou a carga para atestar que a mesa poderia ficar com 8cm, gerando uma laje acabada de 10 cm.

Assim, dentro do processo de execução da obra do IBDF e devido ao seu porte e complexidade, Fernando relata somente esses dois casos marcantes, que reforçam a importância da boa coordenação dos projetos até a execução. Porém, vale salientar que ambos os casos relatados pelo arquiteto, poderiam ter sido mais bem estudados durante o processo integrado de projeto, evitando assim imprevisto e soluções durante a obra.

### **Considerações do processo do escritório**

O projeto original do IBDF se destaca por sua riqueza de detalhes e integração ainda na tradicional prancheta, onde o arquiteto dispôs de grandes esforços como coordenador técnico para compatibilizar o processo como um todo. Assim, mesmo pertencendo a um período onde o computador não se estabelecia como principal ferramenta de trabalho, conhecer e analisar o processo integrado de projeto do escritório muito pode contribuir para revigorar essa prática.

De certa forma, a metodologia de projeto desenvolvido pelo escritório Espaço muito se assemelha ao BIM se o considerar somente como processo, tendo visto que os projetistas trabalharam de forma simultânea durante o desenvolvimento dos projetos, permitindo conversas e trocas de informações dentro da possibilidade tecnológicas disponíveis da época.

O processo de projeto apresentado pelo escritório é interessante uma vez que a preocupação dos arquitetos em desenvolver os pormenores do projeto, foi continuada durante a fiscalização e acompanhamento da construção. Essa experiência permitiu que as informações construtivas durante a etapa de obra, alimentassem um banco dados internos de lições aprendidas que possivelmente se refletiu em outros projetos posteriores.

Assim, esse “processo BIM” da década de 1970, demonstra uma boa coordenação das disciplinas, através da figura do Arquiteto/Coordenador que, embasado pelas suas experiências de obras e com uma visão holística permitiu entender o edifício antes de sua execução. Mesmo que algumas interferências e

processo construtivo pudessem ser evitados previamente, a metodologia utilizada pelo escritório se faz atual e de certa forma, é o que a tecnologia BIM busca revigorar dentro da prática de projeto dos arquitetos.

Uma obra contém uma quantidade muito grande de pessoas envolvidas, cada uma com determinado nível de conhecimento. Ao arquiteto cabe compreender não apenas o papel desses envolvidos, mas, sobretudo ter um conhecimento razoável sobre essas outras áreas. A formação de Fernando Rabelo parecer ter sido mais completa, assim como suas posteriores experiências práticas. Para que conseguisse ajustar todo um conjunto de minúcias era fundamental haver um diálogo aberto, onde diversos detalhes poderiam se tornar crucial noutras disciplinas, noutras tarefas exercidas por profissionais. Aqui parece importante reportar não apenas esse conhecimento amplo, mas a abertura dada pelas possíveis mudanças sugeridas, assim como a confiança no trabalho desses envolvidos.

Nos tempos atuais as situações são mais impessoais, talvez menos diálogos (no sentido informal de amizade), o que requer uma contraposição em termos profissionais. O lidar com o projeto, com as rotinas de consecução prática requerem responsabilidade de outros níveis. Isso responde às necessidades cada vez mais presentes dos softwares onde há uma integração de todos na equipe.

#### **4.3 SIMULAÇÃO DIGITAL DA CONSTRUÇÃO – BIM E O EXISTENTE**

Ao utilizar os projetos da década de 1970, cedidos pelo escritório Espaço, foram gerados independentes modelos BIM de arquitetura, estrutura e fundação, elétrica e hidrossanitária. Assim, como os projetos são oriundos da tradicional prancheta, a modelagem foi realizada somente considerando as informações contidas nos desenhos das pranchas, simulando de forma experimental a construção virtual da edificação e um processo de coordenação técnica.

##### **Arquitetura**

A partir do projeto elaborado pelo escritório Espaço, foi desenvolvido um modelo arquitetônico BIM baseado em eixos de modulação, onde foi pré-lançado elementos estruturais e uma consolidação incrementada com divisórias e paredes de vedação dos ambientes, janelas, portas e forros de gesso nos banheiros e inserção de jardins sobre a laje. O processo de modelagem BIM da arquitetura gerou um modelo de referência para os demais projetos complementares.

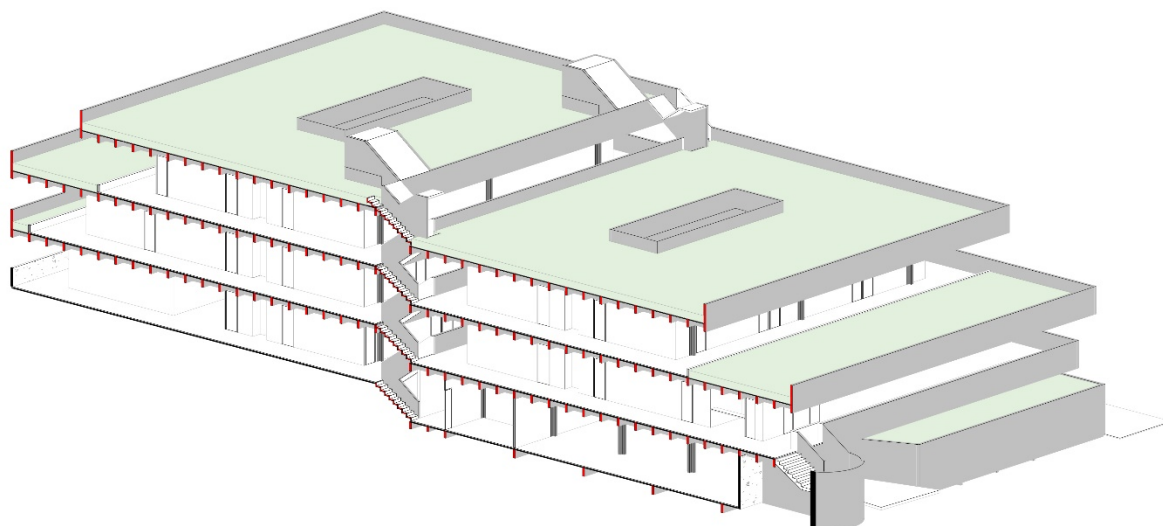


**Figura 4.3-1 Modelo de Arquitetura BIM**  
 Fonte: Elaborado pelo autor

### Estrutura

Elaborado pelo escritório Structura S.A. o projeto contemplou a estrutura em concreto armado e fundação. Dessa forma, o processo de modelagem BIM iniciou com a análise dos documentos impressos, permitindo a utilização dos eixos de modulação existentes no modelo de arquitetura para inserir a fundação, vigas baldrame, pilares e lajes nervuradas. A modelagem da estrutura requereu desenvolver componentes paramétricos próprios do edifício, os quais não existiam no *template* do Revit®, como o pilar em forma de “Cruz”, as mísulas e pilares em “L”.

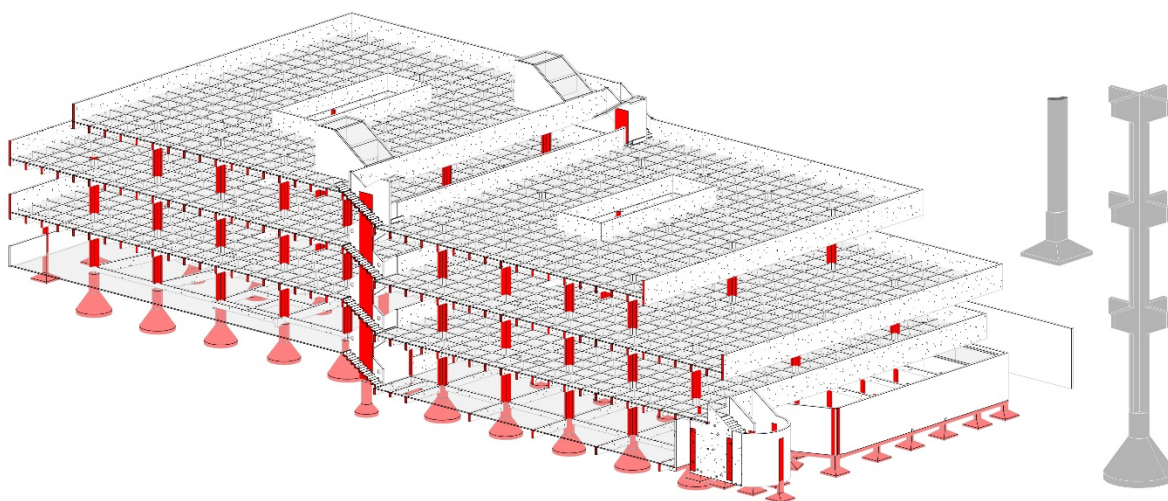


**Figura 4.3-2 Modelo Estrutura BIM**  
 Fonte: Elaborado pelo autor

### **Instalação Elétrica**

O processo de modelagem da instalação elétrica do projeto desenvolvido pela ENGESP foi complicado por conta da pouca familiaridade com os comandos de instalações. Isso gerou erros de execução no Revit®, onde algumas junções/ligações não aconteciam de forma automática ou não eram permitidas sua execução. Assim o trabalho de análise e elaboração do modelo requereu maior tempo e se ateve somente na locação de luminárias, tomadas e conduítes previstos em projeto dentro da laje e guarda corpo da escada.

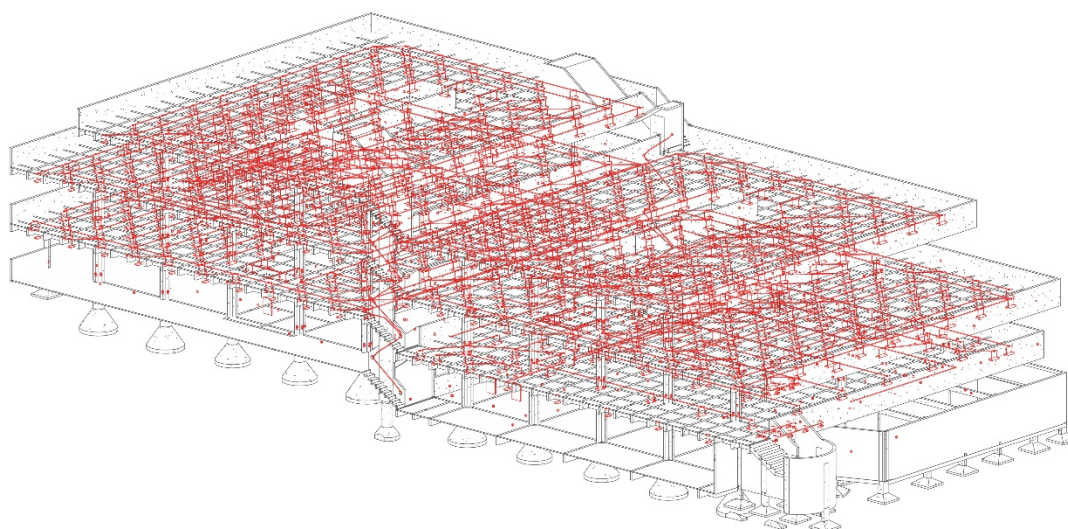


**Figura 4.3-3 Modelo de Instalações Elétrica BIM**  
Fonte: elaborado pelo autor

### **Instalação Hidrossanitária**

Assim como o projeto Elétrico, a modelagem da instalação Hidrossanitária do projeto desenvolvido pela ENGESP, apresentou dificuldade em alguns momentos, pois a pouca familiaridade com os comandos de instalações e devido o Revit® só permitir as junções automáticas das tubulações com os componentes/famílias existentes em sua biblioteca. Isso fez com que as curvas e emendas não acontecessem conforme o projeto, logo exigiu um maior tempo de modelagem, além da necessária confecção de componentes/famílias específicas do projeto, como a de caixa de passagem, caixa de esgoto e reservatórios em concreto, inexistentes nos programas.

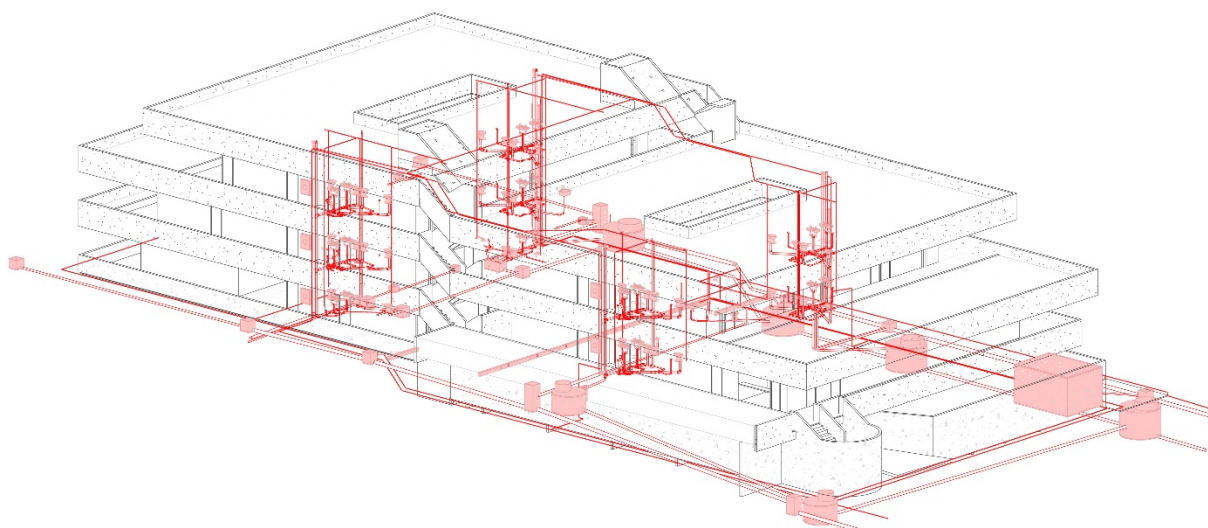


**Figura 4.3-4 Modelo de Instalação Hidrossanitária BIM**

Fonte: elaborado pelo autor

### **Processo de Compatibilização dos modelos BIM**

O processo de coordenação técnica dos projetos foi realizado por meio do *software* Revit®, o qual permitiu vincular todos os modelos elaborados separadamente em um mesmo arquivo. Nesse primeiro momento a coordenação visual de interferências entre os projetos foi importante para validar as informações. Assim, a inserção de vários modelos em um único arquivo simulou um processo de trabalho passível de ocorrer entre distintos profissionais, onde cada um vincula o seu projeto BIM e o alimenta em um modelo de coordenação. Como já abordado, essa dinâmica de trabalho permite que os projetistas solucionem as interferências em seus projetos originais e o atualizem automaticamente no modelo único. Portanto, a coordenação técnica em BIM revigora a prática integrada de projeto encontrada no processo do escritório Espaço.

Constatou-se nesse momento uma limitação do Revit®, onde a coordenação automática dos projetos acontece a partir do comando “Verificação de interferência”, ao confrontar somente dois sistemas de cada vez. Sendo assim, essa rotina permite verificar de forma automática as divergências entre os projetos, baseando-se em elementos ou categorias selecionadas em cada disciplina. Vale salientar que, caso o coordenador do projeto queira confrontar mais de uma disciplina em uma só análise, existem softwares especializados como o Solibri®, o NavisWorks® e outras ferramentas BIM de coordenação que gerencia custo, tempo e obra. Tais ferramentas exigem além do conhecimento de gestão de obra um bom domínio do software utilizado.

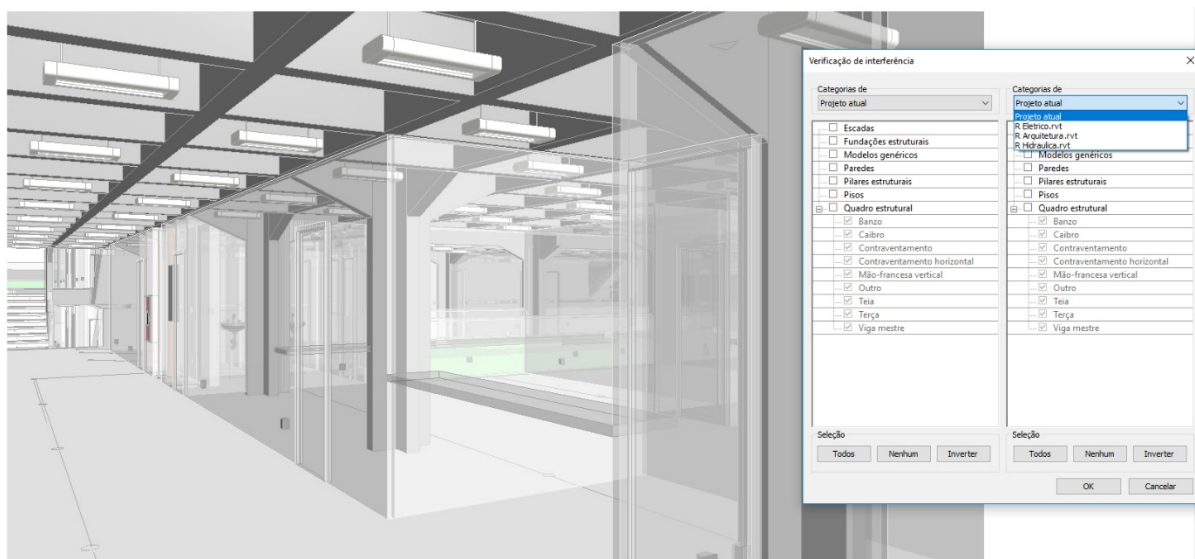


**Figura 4.3-5 Comando de verificação de interferência entre duas categorias de sistemas**  
**Fonte: desenvolvido pelo autor**

Portanto, ao utilizar o Revit® como ferramenta de coordenação do estudo de caso, abriu o projeto estrutural BIM, “projeto atual”, e a partir desse arquivo gerou o modelo de coordenação, composto pelos vínculos dos projetos elétrico, hidrossanitário e arquitetura. Como fator intrínseco da ferramenta, a verificação de interferência aconteceu entre a estrutura e um vínculo de escolha. Tal rotina aconteceu três vezes e gerou um relatório passível de ser exportado em .html e importado em planilha dentro do Excel®. Ao confrontar o vínculo da arquitetura com o modelo de estrutura foi verificado somente a interferência dos elementos/categoria paredes, portas e janelas, uma vez que o estrutural, “projeto atual”, já contemplava os elementos com pilar, vigas, piso e fundação.

| VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIA ENTRE AS DISCIPLINAS |   |                        |
|---------------------------------------------------|---|------------------------|
| ESTRUTURAL                                        | X | ELÉTRICO               |
| Quadro Estrutural (Viga Mestre)                   | x | Iluminação elétrica    |
| Pisos                                             |   | Conduítes              |
| Pilar Estrutural                                  |   |                        |
| ESTRUTURAL                                        | X | HIDROSSANITÁRIO        |
| Quadro Estrutural (Viga Mestre)                   | x | Tubulação              |
| Pilar Estrutural                                  |   | Peças hidrossanitárias |
| Fundação                                          |   |                        |
| ESTRUTURAL                                        | X | ARQUITETÔNICO          |
| Quadro Estrutural (Viga Mestre)                   | x | Paredes                |
| Pisos                                             |   | Janelas                |
| Pilar Estrutural                                  |   | Portas                 |

**Tabela 18 Disciplinas confrontadas a partir do comando de verificação de interferência**  
**Fonte: desenvolvido pelo autor**

Esse processo de confronto entre as disciplinas expressa a busca automática de interferências, mas é importante destacar que a correção dos mesmos ainda depende do projetista ou do coordenador de projeto, que pode emitir um comunicado para os envolvidos no projeto verificar os problemas apontados pela leitura do software. É importante destacar que ao confrontar os modelos, muitos erros apontados podem ser decorrentes de problemas no projeto ou até mesmo consequência de uma má modelagem, exigindo um laudo final validado pelo projetista ou coordenador. Tal entendimento reforça a ideia de que o computador ainda não é capaz de fazer tudo sozinho, fortalecendo a presença do arquiteto ou coordenador BIM ao longo do processo de projeto.

|      | A                                                                                        | B                                                                        | C                                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | <b>Relatório de interferência</b>                                                        |                                                                          |                                                                                        |
| 2    | Arquivo do relatório de interferência do projeto: D:\Users\RGB 01\Documents\Dropbox\02 - |                                                                          |                                                                                        |
| 3    | ESPAÇO ARQUITETURA\ibdf\R Estrutura.rvt                                                  |                                                                          |                                                                                        |
| 4    | Criado: quarta-feira, 13 de março de 2019 20:34:06                                       |                                                                          |                                                                                        |
| 5    | Última atualização:                                                                      |                                                                          |                                                                                        |
| 6    |                                                                                          |                                                                          |                                                                                        |
| 7    | A                                                                                        |                                                                          | B                                                                                      |
| 1032 | 1025                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 494989 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 633 : ID 853379  |
| 1033 | 1026                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 450mm : ID 494993  | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>3 : TOMADA 3 - Marca 30 : ID 764972   |
| 1034 | 1027                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495805 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 1175 : ID 859322 |
| 1035 | 1028                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495805 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 1176 : ID 859344 |
| 1036 | 1029                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495805 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 1177 : ID 859359 |
| 1037 | 1030                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495805 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 1178 : ID 859377 |
| 1038 | 1031                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495807 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 999 : ID 858950  |
| 1039 | 1032                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495807 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 1170 : ID 859186 |
| 1040 | 1033                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495807 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 1171 : ID 859206 |
| 1041 | 1034                                                                                     | Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular<br>150 x 1500mm : ID 495807 | R Eletrico.rvt : Iluminação elétrica : TOMADA<br>1 : TOMADA 1 - Marca 1172 : ID 859222 |
| 1042 | Fim do relatório de interferência                                                        |                                                                          |                                                                                        |
| 1043 |                                                                                          |                                                                          |                                                                                        |
| 1044 |                                                                                          |                                                                          |                                                                                        |
| 1045 |                                                                                          |                                                                          |                                                                                        |
|      | Relatorio Estrutura X Elétrica                                                           |                                                                          |                                                                                        |

O problema com esse relatório automático é que ele exagera na quantidade de conflitos. Ele cobra uma modelagem perfeita e quando isso não é satisfeito gera alguns pontos como incompatíveis. Cabe ao profissional filtrar os resultados do relatório nos pontos em que sabe-se ser mais propensos a falhas. (COSTA, 2013 p. 65)

**Tabela 19 Relatório de interferência**

**Fonte: desenvolvido pelo autor**

No caso Estudado o relatório gerado pelo Revit® ao confrontar as disciplinas, trouxe muitas “falsas interferências”, assim, foi ponderado e descartado erros advindos da modelagem e concentrou os esforços na coordenação de problemas que poderiam ter surgindo na execução da obra. Esse demonstrativo do processo de compatibilização em BIM de projetos desenvolvidos em 1977 ainda na prancheta permitiu vislumbrar através da simulação virtual da construção erros que poderiam ter surgido pela dificuldade de entendimento ou por carência de informações mais precisas nos projetos.

| Síntese dos problemas identificados entre projeto Estrutural x Elétrico |                                           |           |                                                                                  |                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Item                                                                    | Elemento/Categoria                        | Repetição | Descrição                                                                        | Diagnóstico                                                                                                    |
| 1                                                                       | Pilares estruturais x Iluminação elétrica | 271       | Caixa de passagem com eletrodutos em sobreposição com o pilar em cruz.           | Interferência já previsto em projeto arquitetônico. (ver fig. 4.3-7)                                           |
| 2                                                                       | Piso x Conduíte                           | 719       | Eletroduto em sobreposição com laje de piso.                                     | Segundo Fernando Rabelo, esse erro foi percebido em obra, gerou aumento da espessura da laje (ver fig. 4.3-12) |
| 3                                                                       | Quadro estrutural x Iluminação elétrica   | 44        | Caixa de passagem com eletrodutos em sobreposição com vigamento do guarda corpo. | Interferência já previsto em projeto arquitetônico. (ver fig. 4.3-9)                                           |

| Síntese dos problemas identificados entre projeto Estrutural x Hidráulico |                                              |           |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Item                                                                      | Elemento/Categoria                           | Repetição | Descrição                                                                                            | Diagnóstico                                                                                                                                                                           |
| 1                                                                         | Pilares estruturais x Tubulação              | 6         | Tubulação de esgoto e água em sobreposição com o pilar em cruz.                                      | Problema possivelmente resolvido em obra, tubulação deslocada para passar ao lado do pilar. (ver fig. 4.3-20)                                                                         |
| 2                                                                         | Pilares estruturais x Peças hidrossanitárias | 6         | Poço de visita, grelha pluvial, reservatório inferior em sobreposição com o pilar em cruz.           | Problema de coordenação técnica, possivelmente resolvido na obra. Redimensionamento de peças hidrossanitárias para não interseccionar com pilar. (ver fig. 4.3-18)                    |
| 3                                                                         | Fundação x Tubulação                         | 40        | Tubulação de esgoto e água em sobreposição com a fundação e parede cortina.                          | Problema possivelmente resolvido em obra, tubulação deslocada para passar ao lado da fundação. (ver fig. 4.3-16)                                                                      |
| 4                                                                         | Fundação x Peças hidrossanitárias            | 3         | Poço de visita, grelha pluvial, reservatório inferior em sobreposição com fundação e parede cortina. | Problema de coordenação técnica, possivelmente resolvido na obra. Redimensionamento de peças hidrossanitárias para não interseccionar com fundação e parede cortina (ver fig. 4.3-17) |
| 5                                                                         | Quadro estrutural x Tubulação                | 40        | Tubulação de esgoto e água em sobreposição com nervura da laje.                                      | Em visita <i>in loco</i> , percebe-se indícios de execução de furos nas vigas. Solução desejada, deslocamento da tubulação para passar ao lado do vigamento. (ver fig. 4.3-23)        |
| 6                                                                         | Quadro estrutural x Peças hidrossanitárias   | 1         | Reservatório inferior em sobreposição com vigamento.                                                 | Problema de coordenação técnica, possivelmente resolvido na obra. Redimensionamento de peças hidrossanitárias para não interseccionar vigamento. (ver fig. 4.3-19)                    |

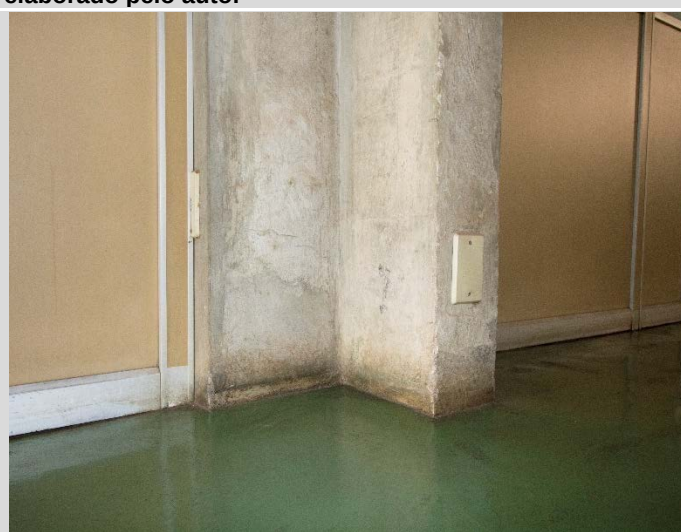
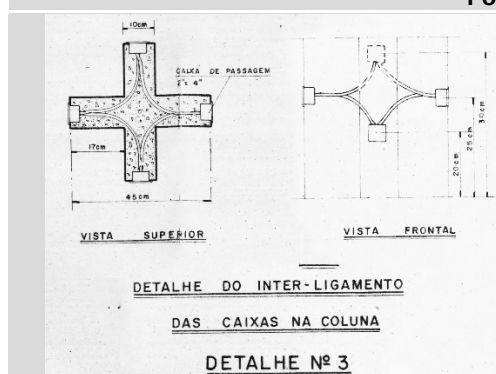
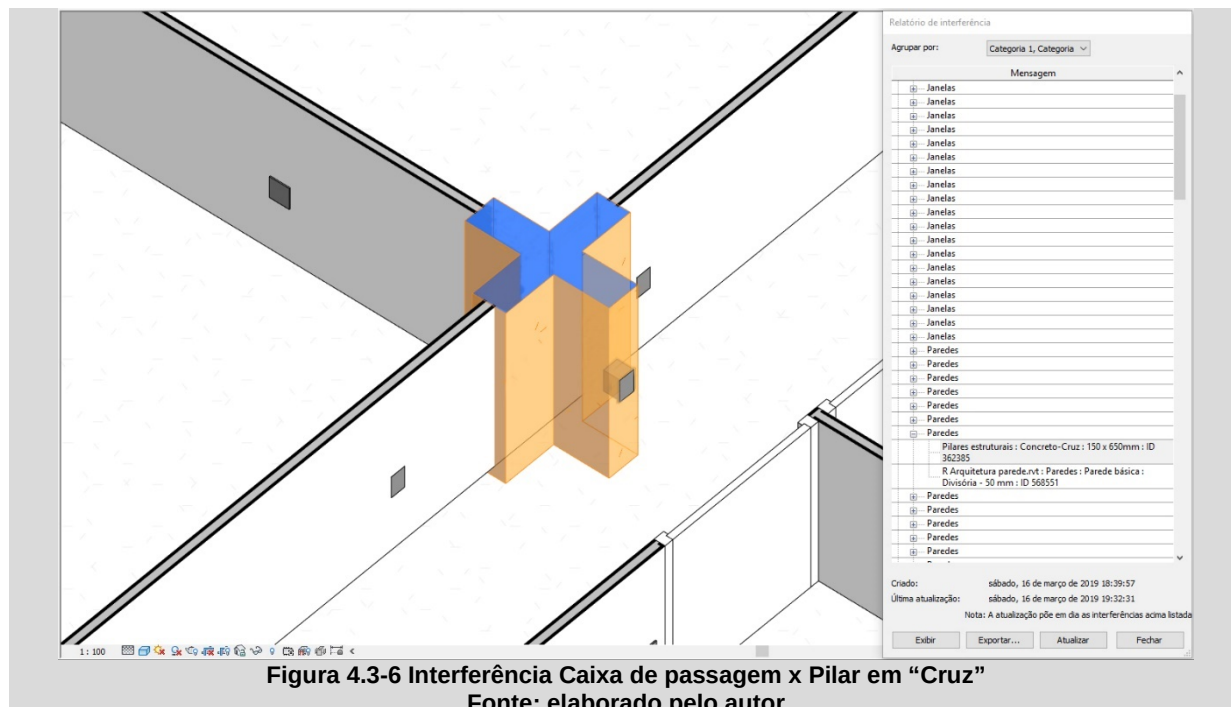
**Obs.** Devido a modificação da tubulação original algumas informações não puderam ser confrontadas *in loco*.

| Síntese dos problemas identificados entre projeto Estrutural x Arquitetura |                              |           |                                                                           |                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Item                                                                       | Elemento/Categoria           | Repetição | Descrição                                                                 | Diagnóstico                                                                                                                                                                                             |
| 1                                                                          | Pilares estruturais x Parede | 123       | Alvenaria de tijolo, Divisória naval em sobreposição com o pilar em cruz. | Problema comum em modelagem BIM, portanto, deve-se interromper a parede no encontro com os pilares. (ver fig. 4.3-26)                                                                                   |
| 2                                                                          | Pilares estruturais x Janela | 23        | Janela em sobreposição com o pilar em cruz.                               | Interferência previsto pelo escritório e detalhado na etapa de projeto executivo. Em BIM, deveria modelar a família de janela acompanhando o desenho da mísula, antes da coordenação. (ver fig. 4.3-26) |

**Obs.** No processo tradicional alguns detalhes não constam no projeto básico, solucionado somente no projeto executivo.

**Tabela 20** Quadro síntese de verificação de interferências.  
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Nesse momento serão apresentadas algumas interferências apontadas automaticamente pelo software Revit® e como elas foram solucionas e executadas *in loco*.



Segundo análise realizada nos projetos cedidos pelo escritório, percebe-se que a interferência entre pilar e instalação elétrica foi prevista ainda na etapa do projeto básico, portando a coordenação técnica do arquiteto na época permitiu solucionar ainda na etapa de projeto a melhor forma de executar e aproveitar as instalações.

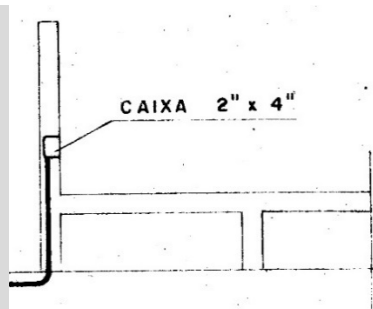
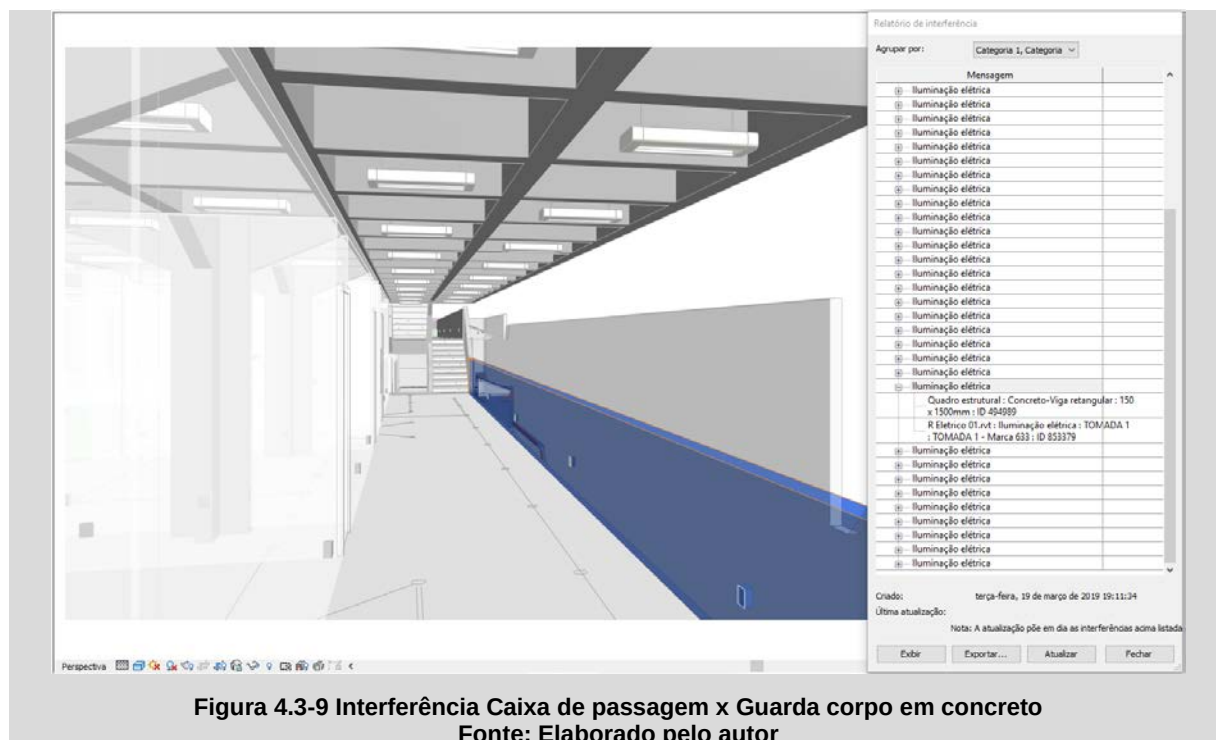


**Figura 4.3-10 Caixa de passagem em viga**  
**Fonte: Acervo do escritório Espaço Prancha E5/8**



**Figura 4.3-11 Caixa de passagem em viga guarda corpo**  
**Fonte: Acervo fotográfico do autor**

De acordo com os projetos originais, percebe-se que a interferência entre guarda corpo e instalação elétrica foi prevista ainda na etapa do projeto básico, porém não foi bem detalhado na estrutura.

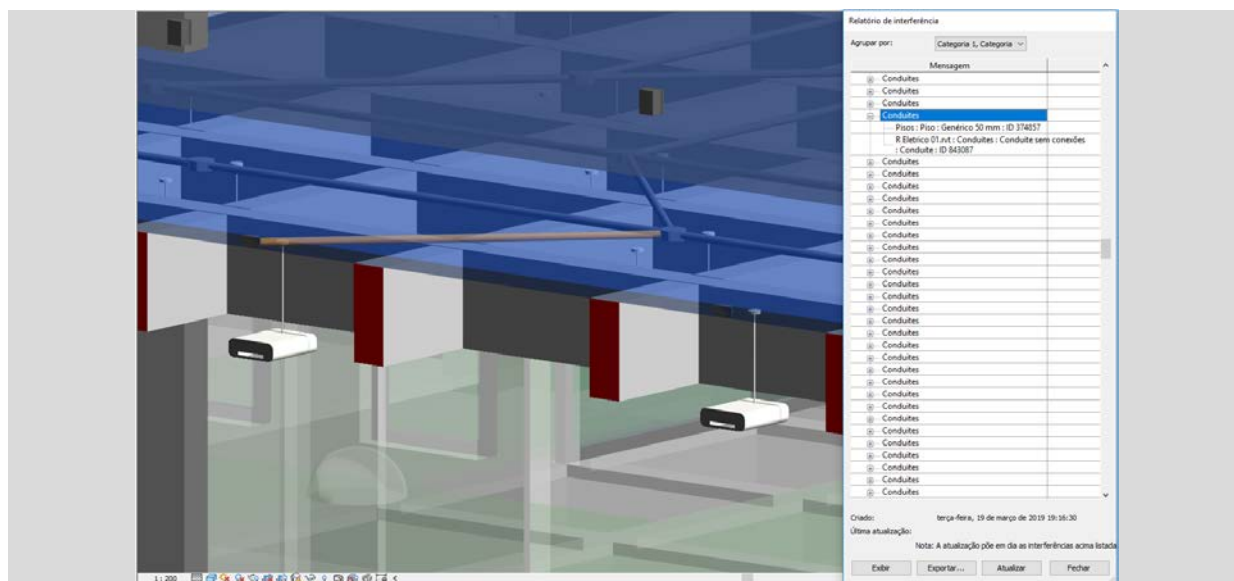


**Figura 4.3-12 Conduíte em sobreposição com a laje**  
Fonte: desenvolvido pelo autor



**Figura 4.3-13 Shaft Elétrico**  
Fonte: Acervo fotográfico do autor

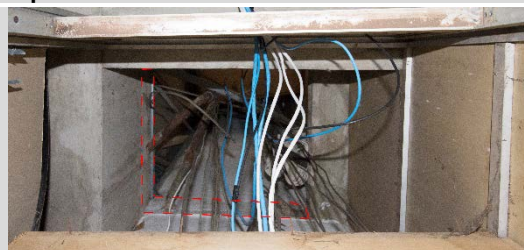


**Figura 4.3-14 Marcação de eletroduto**  
Fonte: Acervo fotográfico do autor



**Figura 4.3-15 Tubulação concretada na laje**  
Fonte: Acervo fotográfico do autor

Conforme relatado pelo arquiteto Fernando Rabelo, o problema foi detectado somente durante a obra, portando o uso da tecnologia BIM nesse momento poderia ter alertado ao coordenador técnico sobre essa interferência contida. É importante lembrar que os softwares de modelagem comum permitem livremente que as geometrias se interceptem sem qualquer tipo de aviso. É muito comum erros onde essas intersecções ocorrem, mas que, ao contrário dos softwares paramétricos, muitas vezes não podem ser evitados. Assim a modelagem não acontece apenas a nível visual, mas pela impossibilidade alertada pelo próprio software paramétrico.



**Figura 4.3-16 Interferência Fundação x Tubulação de água fria**  
Fonte: elaborado pelo autor

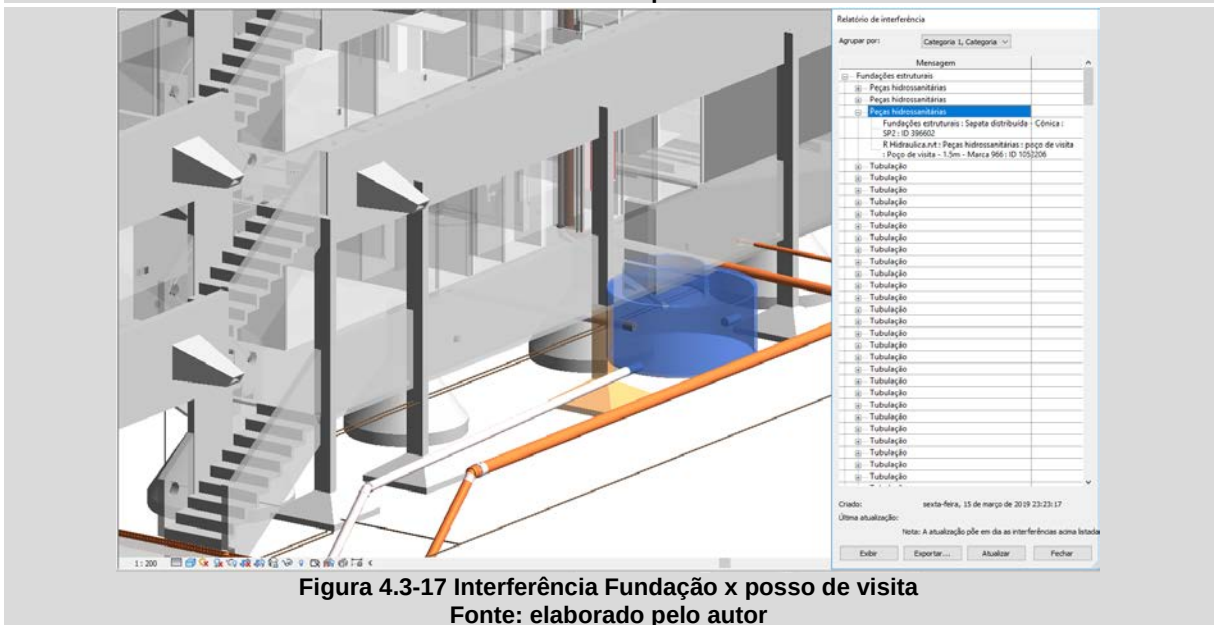


**Figura 4.3-17 Interferência Fundação x posso de visita**  
Fonte: elaborado pelo autor

Desenvolvido conforme detalhe do projeto hidráulico, a locação do poço de visita interfere na estrutura existente. Dessa forma o erro pode ter sido por conta de um mau entendimento de projeto ou modelagem, pois os detalhes não foram suficientes para a elaboração do modelo conforme executado. Se os projetos comuns requisitam continuamente a interpretação dos profissionais, essas mesmas leituras são passíveis de equívocos. O software paramétrico também se apresenta importante nesse sentido, já que diferentes sobreposições tridimensionais são permitidas, onde então conflitos ou soluções pouco adequadas podem ser percebidas na simulação do espaço tridimensional realizado pelo computador.

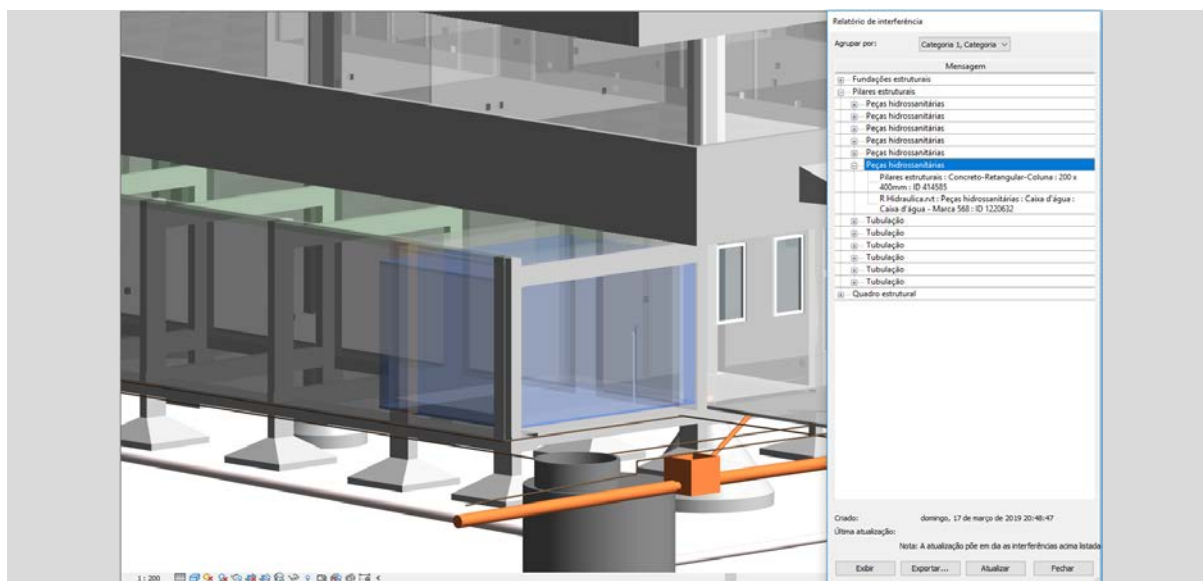


**Figura 4.3-18 Pilar intersecciona o reservatório interior**  
**Fonte: desenvolvido pelo autor**

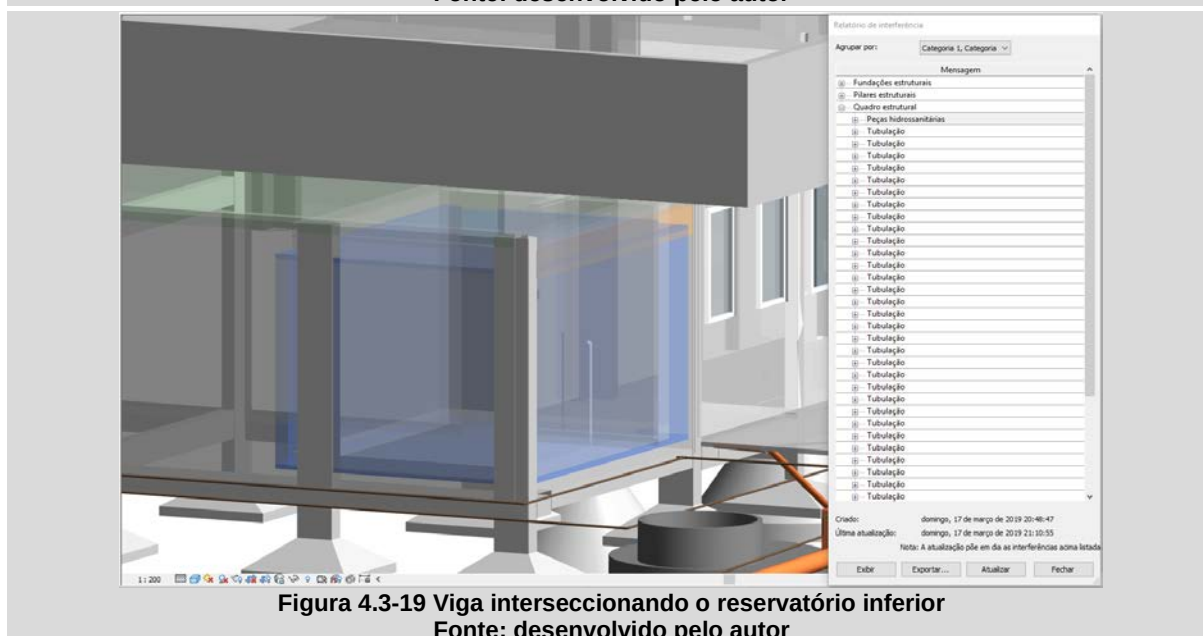


**Figura 4.3-19 Viga interseccionando o reservatório inferior**  
**Fonte: desenvolvido pelo autor**

Segundo análise dos projetos originais cedido pelo escritório, tanto no Estrutural como no hidráulico e arquitetônico, existiam divergências nas medidas do espaço para abrigar o reservatório inferior. Isso gerou confusão na modelagem e demonstrou interferência entre os pilares e vigas, portando esse erro possivelmente foi percebido e resolvido durante a obra. Inúmeros problemas dessa natureza ocorrem nos processos de projeto tradicionais. Vários problemas não detectados na representação realizada pelos softwares comuns culminam em descobertas trágicas do momento da execução. Muitas vezes onerando significativamente o orçamento inicial.



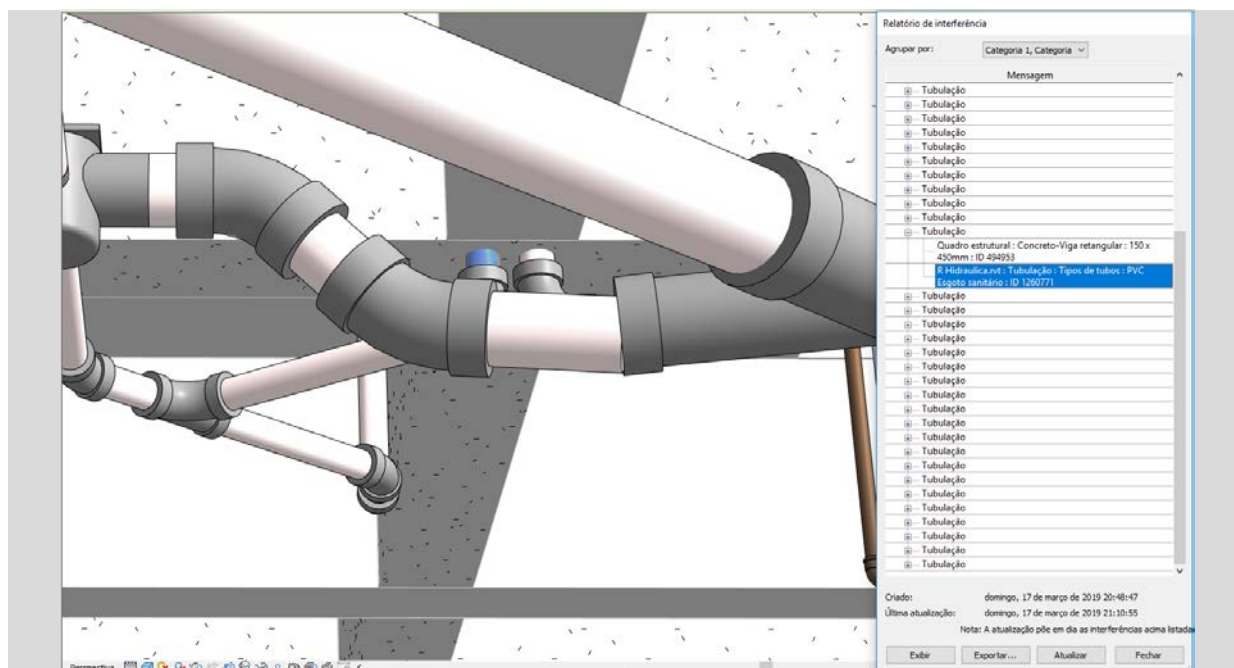


**Figura 4.3-23 Tubulação de água fria intersecciona a nervura da laje**  
**Fonte: Desenvolvido pelo autor**



**Figura 4.3-24 Execução com furo na nervura para passagem de tubulação**  
**Fonte: Acervo fotográfico do autor**

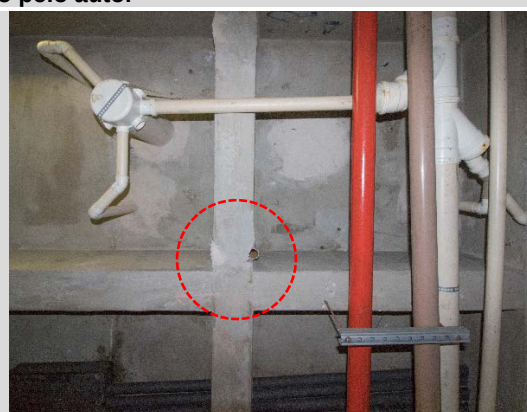


**Figura 4.3-25 Execução com furo na nervura para passagem de tubulação 2**  
**Fonte: Acervo fotográfico do autor**

Ao visitar a edificação percebeu-se vários indícios de que possivelmente o projeto fora executado assim. Nos projetos observados não foram identificados detalhes da estrutura indicando como deveriam ser executados os furos nas nervuras. Portanto, possivelmente esse problema foi identificado e resolvido durante a obra.



**Figura 4.3-26 Janela adentrando a mísula e o pilar**  
**Fonte: Desenvolvido pelo autor**



**Figura 4.3-27 Execução esquadria com a mísula**  
**Fonte: Acervo fotográfico do Autor**

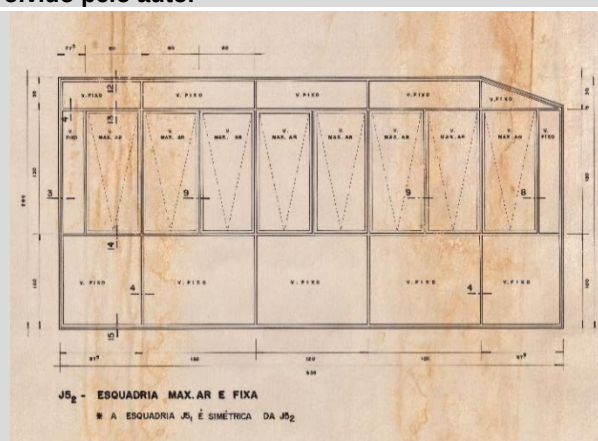


**Figura 4.3-28 Detalhe Esquadria/Mísula/Pilar – Prancha D17/20**  
**Fonte: Acervo do Escritório Espaço**

Ao considerar somente o projeto Básico / Legal de arquitetura desenvolvido pelo escritório Espaço, percebe-se que algumas informações importantes faltaram. Elas foram inseridas e desenvolvidas a posteriori no detalhamento executivo. Logo, o modelo arquitetônico baseado somente no projeto Básico / Legal, não contou com as mísulas e nem com as janelas detalhadas conforme nível de executivo. Nesse momento percebe-se uma similaridade com o LOD contido no processo BIM, ou seja, para cada nível ou estágio de projeto existe um nível de desenvolvimento do modelo. Essa situação é similar também no tradicional processo do escritório Espaço. Portanto esse problema de interferência foi resolvido e detalhado ainda na fase de projeto pelo coordenador técnico, arquiteto.

### **Considerações do processo BIM**

Mesmo com grande distância temporal e de tecnologia entre o projeto original do IBDF e os elaborados nos dias de hoje, o processo projetivo do escritório ainda se faz atual. E se considerar o fato do edifício ser de caráter institucional público, onde é comum as obras sofrerem com desperdícios de recursos devido às incongruências e incompatibilidade dos projetos, o processo de projeto do escritório ganha destaque por estabelecer uma integração evitando grandes surpresas ao longo da execução.

Portanto a modelagem dos projetos em BIM permitiu um novo olhar sobre o processo tradicional integrado, que talvez se existissem a modelagem da informação naquele período e se os profissionais de Engenharia trabalhassem com tal tecnologia, o processo de coordenação dos projetos pelo escritório Espaço se apresentaria ainda mais articulado com o todo.

Durante o processo de redesenho e conforme abordado no capítulo 2, percebe-se que a boa modelagem BIM é muito importante para o não surgimento de “falsas interferências”, que na maioria das vezes podem ser devida uma simples não união dos elementos, como viga e laje, ou devido a própria modelagem das geometrias. Nesse contexto o coordenador BIM adquire um papel fundamental durante o processo de projeto, verificando o nível de desenvolvimento do modelo e distinguindo os tipos de interferências ocorridas durante coordenação técnica.

Assim, o redesenho do projeto do IBDF na plataforma BIM possibilitou uma análise comparativa experimental entre um modelo computacional e a construção real da edificação. Essa dinâmica foi importante para inserir uma nova visão ao processo tradicional integrada do projeto do escritório Espaço, que pode ser revigorado pelo uso das novas ferramentas digitais de projeto.

Na circunstancia particular desse estudo de caso, a possibilidade de visitar o projeto executado e entrevistar o arquiteto responsável pelo detalhamento executivo e fiscalização da construção, facilitou ainda mais o entendimento e valorização do processo de projeto integrado, onde a visão holística do todo permitiu desenvolver uma obra que se destaca pela sua qualidade técnica. Portanto, isso apontou para a importância do coordenador no processo que na atual conjuntura associado ao BIM

pode revigorar o exercício integrado de projeto existente desde a pré-digitalização das ferramentas de projeto.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Sob uma perspectiva crítica e fundamentada em um referencial teórico do processo de projeto e da simulação construtiva em BIM, a pesquisa oportunizou uma discussão acerca da integração dos profissionais da construção civil e os incrementos advindos das ferramentas digitais. Essa abordagem permitiu elucidar o questionamento inicial do trabalho, de como o BIM pode ajudar, influenciar e contestar a prática de projeto do arquiteto.

No desenvolvimento do trabalho percebeu-se que a tecnologia computacional – BIM é mais uma ferramenta a serviço do profissional de arquitetura e da construção. Nesse contexto, é sabido que sozinho o instrumento digital nada pode fazer, mas inserido ao processo de projeto, pode ajudar a validar as ideias iniciais de concepção da arquitetura por meio de um trabalho colaborativo e compartilhado, pode influenciar a rotina dos projetistas revigorando-a em uma prática integrada que acaba contestando o atual processo projetivo que favorece a um sistema linear e sequencial, onde o projeto de arquitetura comumente é finalizado sem a verificação das interferências com as demais disciplinas que envolvem a construção.

Ao partilhar do mesmo entendimento de Fabricio (2002), onde existem dentro da AECO diferentes maneiras para a prática de organização, gerenciamento e integração do processo de projeto. Essa pesquisa imergiu em um campo pouco explorado pelos profissionais da arquitetura, trazendo como estudo de caso uma visão importante do arquiteto como coordenador técnico de projeto e uma possibilidade de revigorar a sua prática integrada com uso da modelagem da informação da construção – BIM

Assim, esse trabalho permitiu simular a elaboração e coordenação (compatibilização) dos projetos utilizando a tecnologia BIM, a partir do redesenho do edifício IBDF, que em sua origem apresentou um processo de projeto integrado tal como se espera ao utilizar as novas tecnologias computacionais. Assim, a simulação dessa construção em BIM experimentou uma nova abordagem de compatibilização dos projetos, através do gerenciamento e buscas de interferências automáticas no modelo.

Como já mencionado, o redesenho em BIM apresentou algumas dificuldades devido ao pouco domínio das disciplinas complementares e devido à falta de dados em algumas pranchas dos projetos. Todavia, a investigação que a pesquisa se dispôs a fazer, com o edifício estudado, foi alcançada. Onde a compatibilização automática do modelo por meio do software Revit® gerou tabelas com as interferências que foram classificadas por tipologia em todas as disciplinas. Tais incompatibilidades foram localizadas e comparadas com o edifício *in loco* gerando um rico relatório sobre o processo de coordenação e compatibilização dos projetos do IBDF.

Apesar da pouca quantidade de interferências apresentada e confrontada, elas contribuíram positivamente para o resultado da pesquisa, demonstrando a facilidade da tecnologia BIM em detectar interferências entre diferentes disciplinas de projeto que juntamente como o registro fotográfico expôs as soluções de projeto durante a execução da obra. Nesse contexto entende que a simulação da construção em BIM permitiria a rápida visualização das interferências, facilitando algumas tomadas de decisões para resolver os problemas encontrados na época. Portanto, o BIM reforça a importância do processo integrado de projeto e permite que o coordenador do projeto tenha uma visão holística do funcionamento e execução do projeto e obra.

Assim, ao considerar a atual conjuntura brasileira, percebeu-se que dentro do método tradicional de projeto, nem sempre é possível ocorrer a associação e a troca de informações durante a concepção de um edifício. Sendo que em alguns casos o arquiteto e os projetistas trabalham de forma independente, resultando em um processo comumente sequenciado e com poucas contribuições entre os envolvidos. Esse desenvolvimento deficitário muitas das vezes reflete na qualidade do produto entregue e inviabiliza o projeto simultâneo tão corriqueiro nas indústrias manufatureira, aerodinâmica e outras.

Portanto, mesmo que o BIM se apresente como uma oportunidade de renovar o tradicional processo integrado, ele ainda se encontra distante do uso ideal quando comparado ao atual estágio da construção civil. Pois é recorrente o uso incompleto da ferramenta que, exige uma dinâmica integrada de projeto para munir um único modelo de informação da construção e assim, dentro do processo em BIM, viabilizar

o ciclo de vida da edificação, que vai da concepção, projeto, passando pela obra e desempenhado um importante papel na manutenção da edificação.

Desse modo, mesmo que a integração da informação ocorra de forma bastante elaborada entre a arquitetura, a estrutura e as instalações, e ainda que a tecnologia BIM alcance resultados extremamente relevantes no processo de projeto, incluindo a gestão e a manutenção do edifício, isso pode minimizar consideravelmente os problemas da construção, mas não impede que surjam outros no decorrer da sua execução. Pois é possível surgir falhas das mais diversas naturezas, mas, além disso, os objetos concebidos no âmbito virtual ocasionam formas, tamanhos, vínculos e outras propriedades simulativas que podem não ser exatamente equiparáveis à sua execução na prática.

Portanto, o ambiente computacional é um meio sem gravidade, onde a mais valia ocorre principalmente a nível visual, os materiais não possuem densidade, não sobrepõem pesos, e podem ocorrer intersecções a passar despercebidas. Desse modo, mesmo que todas as informações sejam consideradas corretas e, aparentemente não haja qualquer equívoco no modelo e a depender fundamentalmente da complexidade desses e de sua coordenação técnica, a sua execução perfeita representa um universo à parte e ainda se encontra no ideal da construção.

Contudo, o BIM se caracteriza como uma ferramenta digital importante capaz de simular a edificação, antevendo possíveis problemas que podem surgir durante a sua execução *in loco*. Assim, a construção virtual aliada ao projeto simultâneo, instiga a compreensão e contribuição dos diferentes profissionais dentro da multidisciplinaridade existente na estrutura de desenvolvimento do projeto BIM. Fazendo com que os projetistas deixam de trabalhar de maneira isolada e passam a ser coordenado em um processo técnico que extingue a habitual lacuna existente entre os projetistas, construtor, proprietário e usuários.

Nesse arranjo de trabalho, o coordenador técnico BIM assume o importante papel do agente aglutinador do processo, interligando todas as partes interessadas, solucionando divergências e conferindo o nível de desenvolvimento do modelo. Necessitando assim, de conhecimento suficiente sobre as ferramentas digitais, para

gerir todo o processo segundo uma visão holística e em alguns casos dar suporte técnico durante o desenvolvimento do projeto e sua modelagem.

Portanto, por mais que as ferramentas digitais favoreçam a um projeto integrado e o meio digital abre espaço para infinitas possibilidades de projeção, eles ainda necessitam ser geridos por pessoas que articulem o meio digital com o real. Assim, durante a elaboração do estudo de caso confrontou os modelos desenvolvidos e constatou que muitos das interferências apontados pelo software surgiram em decorrência de uma má modelagem. Logo, exigiu um olhar mais acurado para validar o laudo emitido de forma automatizada pela ferramenta BIM.

Isso reforçou ainda mais a ideia de que o computador não é capaz de fazer tudo sozinho e valorizou a presença do arquiteto ou coordenador BIM ao longo do processo de projeto. Que no contexto estudado ambos apresentaram papéis similares uma vez que a responsabilidade de conceber e detalhar o edifício exigiu do profissional de arquitetura um relacionamento direto com os envolvidos, entendendo sobre as particularidades das disciplinas complementares e adquirindo uma percepção holística do todo da construção.

Desse modo, se considerar um contexto amplo e generalista, o BIM é consequência de um processo integrado e não o contrário como erroneamente pode-se pensar. Pois o uso independente das ferramentas com características BIM se mostra deficientes para o real propósito da tecnologia. Necessitando não somente uma mudança na cultura de projeto, mas de um entendimento do processo de projeto simultâneo que já existente e é utilizado por alguns escritórios independentemente da ferramenta de desenho utilizada.

### **Sugestões para trabalhos futuros**

Acreditasse que o trabalho traz discussões que, em um futuro podem ser mais aprofundadas. Portanto, a seguir têm-se alguns tópicos sugeridos para novas investigações:

- A relação entre o coordenador BIM e o profissional de arquitetura que apesar da similaridade existente dentro do processo de projeto, são conduzidos segundo lógicas de raciocínio, mercado e valores diferentes;
- O impacto do projeto simultâneo em edifício institucional de caráter público, onde a gestão de dinheiro público adquire importância e pode interferir no processo de projeto integrado.
- Quais características que os novos profissionais da construção civil precisam desenvolver para uma prática integrada em BIM, se considerar o processo interdisciplinar e coletivo de projeto.
- Qual a relação dentre o nível de desenvolvimento do modelo (LOD) e os etapas de projeto na conjuntura brasileira, uma vez que o processo construtivo ainda é artesanal e quanto maior o detalhamento do modelo em etapa preliminar significa maior a exigência de desempenho do computador. Assim, como coordenar os diferentes projetos elaborados em diferentes softwares e diferentes LOD.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- *Livros*

ANDRADE, Max L. V. X., RUSCHEL, Regina C. **Building Information Modeling (BIM)** in: KOWALTOWSKI, D. K.; et. al. O Processo de Projeto em Arquitetura: da teoria á tecnologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco et. al. **Entendendo BIM**. Curitiba: Editora UFPR, 2015.

CARPO, Mario. **La desaparición de los idénticos, La estandarización arquitectónica en la era de la reproductibilidad digital**. in: ORTEGA, Lluís. La digitalización toma el mando. Barcelona, GG, 2009.

CATELANI, Wilton Silva. **Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e incorporadoras/ Câmera Brasileira da Indústria da Construção**. Brasília: CBIC, 2016

\_\_\_\_\_. **Colaboração e Integração BIM – Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e incorporadoras/ Câmera Brasileira da Indústria da Construção**. Brasília: CBIC, 2016

COSME, Alfonso Muñoz. **El Proyecto De Arquitectura: Concepto, Proceso Y Representación**. 1. ed. Barcelona: Editorial Reverté, 2008. 265p.

EASTMAN, Chuck. et. al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho. et. al. Porto Alegre: Editora Bookman, 2014

GREGOTTI, Vittorio. **O Exercício do Detalhe**. (1983). in: NESBITT, Kate. Uma nova agenda para a arquitetura: Antologia Teórica 1965-1995. Tradução Vera Pereira São Paulo: Cosac Naify, 2ª ed. 2013, p.535-538.

LAISERIN, Jerry. **Apresentação** (2007). in: EASTMAN, Chuck. et. al. Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho. et. al. Porto Alegre: Editora Bookman, 2014. p.v-viii.

LAWSON, Bryan. **Como arquitetos e designers pensam**. Tradução Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LIU, Ana W.; OLIVEIRA, Luciana A.; MELHADO, Silvio B. **A gestão do processo de projeto em arquitetura**. in: KOWALTOWSKI, D. K.; et. al. O Processo de Projeto em Arquitetura: da teoria á tecnologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

MELHADO, Silvio Burrattino.; et. al. **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005

MENEGOTTO, José Luis. ARAUJO, Tereza Cristina Malveira de Araujo. **O desenho Digital: técnica & arte**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2000.

PIAZZALUNGA, Renata. **A virtualização da arquitetura**. Campinas, SP: Papyrus, 2005

PICON, Antonie. **La arquitectura y lo virtual,Hacia una nueva materialidad**. in: ORTEGA, Lluís. La digitalización toma el mando. Barcelona, GG, 2009.

PINA, Maria de Fátima de; SANTOS, Simone M. **Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde**. Departamento de Informações em Saúde DIS/CICT/FIOCRUZ. Brasília: OPAS, 2000

PIÑON, Helio. **Teoria do projeto**. Tradução: Edson Mahfuz. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2006

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**, Guia PMBOK, Sexta edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

RAMOS, F. G. **Arquitetura: os planos de propostas. Criação, representação e informação**. in.: o lugar do projeto: no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo. Rio de Janeiro: Contra Capa Livraria, 2007

RIGHI, Thales Augusto Filipini e CELANI, Maria Gabriela C. **Displays interativos**. in: KOWALTOWSKI, D. K.; et. al. O Processo de Projeto em Arquitetura: da teoria á tecnologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

RUSCHEL, Regina C., BIZELLO, Sergio A. **Avaliação de Sistemas CAD livres** in: KOWALTOWSKI, D. K.; et. al. O Processo de Projeto em Arquitetura: da teoria á tecnologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

VOORDT, T. J. M. **Do programa ao projeto**. in.: VOORDT, Theo J. M. van der, WEGEN, Herman B. R. van, **Arquitetura sob o olhar do usuário**. Trad. Maria Beatriz de Medina, São Paulo: Oficina de Textos, 2013

YUDELSON, Jerry. **Projeto Integrado e Construções Sustentáveis** Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2013

- *Tese Doutorado*

BARISON, Maria Bernardete. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo**: uma contribuição para a formação do projetista. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Tese de Doutorado, 2015.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Tese de Doutorado, 2002.

LIMA, Fábio F. **Espaços sem fronteiras: arte e arquitetura digital**. Brasília: UNB, Tese de doutorado, 2015.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Tese de Doutorado, 2013.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção** São Paulo: Escola Politécnica da USP, Tese de Doutorado, 1994

MELHADO, Silvio Burrattino. **Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo Voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Tese de Doutorado, 2001.

NÓBREGA JUNIOR, Claudino Lins. **Coordenador de Projetos de Edificações: Estudo e Proposta para perfil, atividades e autonomia**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Tese de Doutorado, 2012.

ROCHA, Isabel A. Medero, **Programa e projeto na era digital – O ensino de projeto de arquitetura em ambientes virtuais interativos**. Porto Alegre: UFRGS, Tese de Doutorado, 2009.

- *Dissertações*

BATISTA, Luciana Teixeira, **O processo de projeto na era digital. Um novo deslocamento da prática profissional**. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, Dissertação de Mestrado, 2010.

CAMPOS, Sérgio Emídio de Azevêdo, **Gestão do processo de projeto de edificações em instituição federal de ensino superior: estudo de caso no CEPLAN/UnB**. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de Brasília – UNB, Dissertação de Mestrado, 2011.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da Metodologia BIM para a Compatibilização de projetos**. Ouro Preto: Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 2013.

FERREIRINHA, Pedro Miguel Completo. **Do início do ciclo à vida do edifício à gestão de informação: BIM - metodologia e estudo de um caso**. Lisboa: Universidade Lusíada de Lisboa, Dissertação de mestrado, 2017.

PEREIRA, João Maria de Almeida Frescata Correia, **O Uso da Tecnologia BIM em Patrimônio Histórico um caso de estudo: O Convento dos Capuchos da Caparica** (Almada). Lisboa: Instituto Técnico Lisboa, Dissertação de Mestrado, 2015.

SILVA, José Renato de Castro. **Arquitetos Associados e Espaço: Tradição e modernidade nas obras de um quarteto de formação mineira**, Goiânia: Faculdade de Artes Visuais da Universidade Federal de Goiás, Dissertação de Mestrado, 2016.

- *Artigo*

AUTODESK, **Introdução ao BIM: Guia para o seu primeiro projeto**. Disponível em: <<http://blogs.autodesk.com/mundoaec/guia-pratico-de-implementacao-bim/#comments-section>> Acesso em: 20 fev. 2018

BIMFORUM. **Level Of Development Specification Part I – Version 2016**, Out. 19, 2016 Disponível em: < <https://bimforum.org/lod/>> Acesso em: 27 Abr. 2017

BOMFIM, Carlos Alberto Andrade; LISBOA, Bruno Teixeira Wildberger; MATOS, Pedro Cesar Correia de. **Gestão de Obras com BIM: Uma nova era para o setor da Construção Civil** in: SIGraDi 2016 [Proceedings of the 20th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - ISBN: 978-956-7051-86-1] Argentina, Buenos Aires p.556-560 Nov. 2016, Disponível em: <[http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/sigradi2016\\_724](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/sigradi2016_724)> Acesso em: 19 Dez. 2018

DELATORRE, Joyce Paula Martin; SANTOS, Eduardo Toledo; **GESTÃO DO NÍVEL DE DETALHAMENTO DA INFORMAÇÃO EM UM MODELO BIM: ANÁLISE DE UM ESTUDO CASO**. in: Anais do VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC, 2015, Porto Alegre: ANTAC; São Paulo, p. 735-745. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/gesto-do-nvel-de-detalhamento-da-informao-em-um-modelo-bim-anlise-de-um-estudo-caso-20575>> Acesso em: 01 mai. 2017

FABRÍCIO, M. (2007). **O arquiteto e o coordenador de projetos**. Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, São Paulo, n. 22, p. 26-50. Dez. 2017, Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i22p26-50>> Acesso em: 21 Dez. 2018

\_\_\_\_\_.; MELHADO, S. B.; GRILO, L. M. **Coordenação e coordenadores de projetos: modelos e formação**. In: WORKSHOP BRASILEIRO: GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG, n. 3, 2003. Disponível em: <[ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/WorkshopBrasileiro\\_GestaoProcessoProjetoConstrucao\\_2003/1-](ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/WorkshopBrasileiro_GestaoProcessoProjetoConstrucao_2003/1-)

%20%20CONCEITOS%20DE%20GEST%C3O%20DO%20PROCESSO%20DO%20PROJETO/A069.pdf> Acesso em: 20 Set. 2017

MACHADO, A. **Repensando Flusser e as imagens técnicas.** in: MACHADO, A. O quarto inconoclasmo e outros ensaios hereges. Rio de Janeiro: Rio Ambiciosos, 2001.

NARDELLI, Eduardo Sampaio, **Arquitetura e projeto na era digital.** in: arquiteturaarevista, Campinas-SP – Vol. 3 nº1: p. 28-36, Jan./Jun. 2007, Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/5573>> Acesso em: 18 Mai. 2017

RODRIGUES, Gelly, **A geração dos sistemas CAD.** in: PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas-SP – Vol. 1 nº:2, Jun. 2008 p. 57-63 Disponível em: <<https://doi.org/10.20396/parc.v1i2.8634519> > Acesso em: 18 Jul. 2018

SUCCAR, B. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders.** in: Automation in Constrution, Austrália – v. 18, Out. 2008 p.357–375 Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>> Acesso em: 28 Abr. 2017

TOBIN, J. **Proto-Building: To BIM is to Build.** AECbytes "Building the Future" Article (May 28, 2008) Disponível em: < <http://www.aecbytes.com/archives/categories/feature.html>> Acesso em: 07 Ago. 2018

- *Site*

ARCHINEERINGTALK, **Birthday of Antoni Gaudi,** disponível em: <<http://archineeringtalk.com/?p=392>> - Acesso em: 27/03/2018

DOM, Diretoria de Obras Militares – Departamento de Engenharia e Construção, Exército Nacional. **Sistema Unificado de Processo de Obras – OPUS,** Disponível em: <<http://www.dom.eb.mil.br/index.php/opus>> Acessado em: 30/06/2017

EISENMAN Architects, **Emory University Center for the Arts,** disponível em: <https://eisenmanarchitects.com/Emory-University-Center-for-the-Arts-1991> - Acesso em: 28/11/2017

Estúdio 41, **Estação Antártica Comandante Ferraz,** <http://www.estudio41.com.br/projeto/estacao-antartica-comandante-ferraz-2/> - Acesso em: 27/03/2018

InsitecaBIM, **Fases del BIM,** disponível em: <<https://insitecabim.com>> Acessado em: 20/12/2018

MagiCAD, **Unlocking Building Information Modelling for MEP Designers** disponível em: <<https://www.magicad.com/wp-content/uploads/2018/07/unlocking-building-information-modelling-for-mep-designers.pdf>> Acessado em: 19/12/2018

MENEGOTO, José Luiz. **Família** Disponível em: <[https://sites.google.com/a/poli.ufrj.br/bim/dicas/dica\\_005](https://sites.google.com/a/poli.ufrj.br/bim/dicas/dica_005)> Acessado em: 27/07/2018

PAGNOTTA, Brian. **Clássicos da Arquitetura: Museu Guggenheim de Bilbao / Gehry Partners**, disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/786175/classicos-da-arquitetura-museu-guggenheim-de-bilbao-gehry-partners>> - Acesso em: 19/11/2017

YODERS, Jeff. **How Laser Scanning Helps a Building Company Save Time and Money in the Field**, disponível em: <<https://www.autodesk.com/redshift/how-laser-scanning-helps-a-building-company-save-time-and-money/>> - Acesso em: 24/03/2019

- *Lei e Normas*

AGESC – Associação dos Gestores e Coordenadores de Projetos. **Manual de escopo de serviços para coordenação de projetos**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1449>> Acesso em: 18 Out. 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13531/95 – **Elaboração de projetos de edificação – Atividade técnicas**. Rio de Janeiro, 1995

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 9000**. Sistema de Gestão de Qualidade – Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro, 2005

CAU/BR – Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, **Resolução N° 21, de 5 de Abril de 2012**. Dispõe sobre as atividades e atribuições profissionais do arquiteto e urbanista e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.caubr.gov.br/resolucao21/>> Acessado em: 24/10/2018

- *DEPOIMENTOS ORAIS*

RABELO, Fernando Carlos. Depoimento [Fev. 2019]. Entrevistador: Rangel Henrique Brandão Silva. Goiânia, 2019. Entrevista concedida como subsidio à dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Artes Visuais/Universidade Federal de Goiás.